

Aus dem Veterinär-Anatomischen Institut der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. J. Frewein)

Arbeit unter der Leitung von PD Dr. H. Geyer

MIKROSKOPISCHE ANATOMIE DER KLAUENEPIDERMIS DES SCHAFES

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde
der Veterinär-Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von

MAX ROSSKOPF

Tierarzt

von Riehen/BS

Genehmigt auf Antrag von

Prof. Dr. J. Frewein, Referent

Prof. Dr. Dr. h.c. H. Stünzi, Korreferent

Zürich 1986

Druckerei Herbstritt
Wutöschingen BR-Deutschland



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Meiner lieben Carine
und meinen Eltern gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	4
2. MATERIAL UND TECHNIK	6
3. BEFUNDE	7
3.1. Allgemeines	7
- makroskopische Befunde	7
- mikroskopische Befunde	10
3.2. Besonderheiten der einzelnen Segmente	13
- Saumsegment	13
- Kronsegment	16
- Wandsegment	19
- Ballen- und Sohlensegment	23
- Grenzbereich Hornwand - seitliches Ballen-	27
segment	
- Zahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit,	30
Anteil des Markes in % der Hornsubstanz	
4. DISKUSSION	33
4.1. Makroskopische Befunde	33
- Subcutis	33
- Corium	33
- Epidermis	34
4.2. Mikroskopische Befunde	35
- Zellen der weichen Epidermis	35
- Zellen der harten Epidermis	36
- Hornröhrchen	36
- Wandsegment	40
- Ballen- und Sohlensegment	41
- Ballen-Wandgrenze	42
- Zahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit,	43
Anteil des Markes in % der Hornsubstanz	
- Pathologische Befunde	45

5. ABBILDUNGEN	47
6. ZUSAMMENFASSUNG	68
7. LITERATURVERZEICHNIS	69
8. DANKESADRESSEN	73
9. LEBENSLAUF	74

1. EINLEITUNG

Ueber den histologischen Aufbau der Hornstruktur der Schafklaue liegen nur wenige Arbeiten vor, die lediglich einen Teil der Strukturen umfassen.

BRUHNKE (1931) beschrieb die Hornwand des Schafes im Vergleich zu anderen Klauentieren und zu Hufttieren. Er untersuchte Querschnitte des Kronhorns und beschrieb darin die Gestalt der Hornröhrchen.

KEPLER (1966) verglich einige histologische Merkmale der Klauen und das Haarkleid verschiedener Schafrassen miteinander. Auch ihre Untersuchungen galten vor allem dem Kronhorn und dessen Hornröhrchen. Für das Ballensegment machte sie nur wenige Angaben.

Ueber die Struktur der Klauenepidermis des Rindes (WILKENS 1955 und 1964, LEOPOLD und PRIETZ 1980, DIETZ und PRIETZ 1981, DIRKS 1985, HOFSTETTER 1985) und des Schweines DIERKS-MEYER 1985, GEYER 1979, 1980 und 1984, GEYER und Mitarbeiter 1981 und 1984, HAERTEL 1985) liegen schon zahlreiche weiterführende Werke vor.

Das Ziel dieser Arbeit ist eine möglichst umfassende Beschreibung des Aufbaus der Epidermis aller Klauensegmente beim Schaf, wobei detailliert auf die Zusammensetzung des Röhrchenhorns der einzelnen Segmente eingegangen wird.

Nach den ersten Voruntersuchungen an Schafklauen stellten sich speziell folgende Fragen:

1. Wie sind das Ballenhorn und das Sohlenhorn gebaut und gibt es morphologische Unterschiede zwischen beiden Segmenten, die eine Abgrenzung beider Segmente ermöglichen? In den bisher vorliegenden Arbeiten von BRUHNKE (1931) und KEPLER (1966) wird die Struktur des Ballen- und Sohlenhorns kaum erwähnt.
2. Wie sind die Grenzbereiche am Uebergang der Hornwand zum seitlichen Ballensegment und am Uebergang der Hornwand zum Sohlensegment gebaut?

3. Kommen an makroskopisch unverändert erscheinenden Klauen schon mikroskopisch erkennbare pathologische Veränderungen vor? Sind solche Veränderungen häufig und treten sie bevorzugt an bestimmten Stellen auf? Könnten mikroskopisch sichtbare Veränderungen der Ausgangspunkt von klinisch bedeutsamen pathologischen Veränderungen sein?

Wie die Veröffentlichungen über Moderhinke (u.a. CSIRO 1979/80, EGERTON 1981, KATITCH 1983) oder über die Auswirkungen verschiedener Bodenarten auf die Klauengesundheit (RIEGER, SCHROEDER und SCHMOLDT, 1984) zeigen, sind Klauenleiden beim Schaf sehr häufig. Die vorliegende Arbeit zur Morphologie der normalen Schafklaue möchte für Kliniker und Pathologen eine Grundlage zur Beurteilung von pathologischen Veränderungen sein. Aufgrund der morphologischen Befunde möchte die Arbeit auch einige Hinweise geben, die zum Verständnis der Entstehung von Klauenleiden des Schafes beitragen sollen.

2. MATERIAL UND TECHNIK

Als Untersuchungsmaterial standen tiefgefrorene Extremitäten von 15 Schafen der Rasse Weisses Alpenschaf und von 2 Schafen der Rasse Schwarzbraunes Bergschaf im Alter von ungefähr dreiviertel Jahren zur Verfügung. Die Proben zur Herstellung der Schnitte wurden ausschliesslich von solchen Vorder- und Hintergliedmassen entnommen, die makroskopisch keine pathologischen Veränderungen zeigten und gut gepflegt waren. Insgesamt wurden histologische Schnitte aus 40 Klauen angefertigt: aus 22 Lateralklauen und 6 Medialklauen von Hinterfüssen sowie aus 7 Lateralklauen und 5 Medialklauen von Vorderfüssen.

Die Gewebeproben wurden aus definierten Gebieten der einzelnen Segmente jeweils von mindestens 5 Klauen, die von 5 verschiedenen Tieren stammten, mit einem Skalpell zu Präparaten mit 0.5 bis 2 cm Kantenlänge zugeschnitten. Anschliessend wurden diese Gewebeproben in eine 4% Formalinlösung zur Fixation gegeben. Die Schnittebenen wurde so gewählt, dass in den einzelnen Segmenten die Hornröhrchen in möglichst exakten Längs- und Querschnitten getroffen wurden.

Alle histologischen Präparate wurden gefriergeschnitten und anschliessend vor allem mit Hämatoxylin-Eosin (HE) und mit der Alcianblau-PAS-Reaktion (ROMEIS 1968), einige wenige Schnitte auch nach van Gieson gefärbt. Bei den mit Alcianblau und PAS behandelten Schnitten wurde noch zusätzlich eine Kernfärbung mit Hämalaun vorgenommen. Für die Befunderhebung zeigten sich im allgemeinen die Alcianblau-PAS gefärbten Schnitte am geeignetsten.

Die Technik der Hornröhrchenzählung und der Bestimmung des prozentualen Markanteils der Hornsubstanz wird im betreffenden Kapitel näher erläutert.

3. BEFUNDE

Die folgende Beschreibung der Befunde bezieht sich auf Einzelschnitte der lateralen Klauen der Hinterfüsse und gilt auch für die Klauen der Vorderfüsse, falls nichts anderes erwähnt ist. Zur Abklärung der Uebergangsbereiche Saumsegment - Kronsegment, Kronsegment - Wandsegment, Hornwand - seitliches Ballensegment und Hornwand - Tragrand, und zur Untersuchung der Strukturen an der Klauenspitze, wurden jeweils mindestens von 3 Klauen verschiedener Tiere ganze Schnittserien hergestellt; diese stammen vor allem von Klauen der Vordergliedmassen.

3.1. Allgemeines

Makroskopische Befunde

Das Schaf hat im Gegensatz zum Rind einen steil gewinkelten Hornschuh. Als Winkel zwischen Klauenrücken und der Fussungsfläche sind bei einigen orientierenden Messungen an den Hintergliedmassen 51 bis 56 Grad und an den Vordergliedmassen 54 bis 64 Grad festgestellt worden.

Das Zehenendorgan des Schafes besteht aus zentralen Stützteilen und einem modifizierten, unbehaarten Hautüberzug. Dieser Hautüberzug zeigt gebietsweise Besonderheiten und wird daher in die Segmente Saum, Krone, Wand, Ballen und Sohle eingeteilt (Abb. 1-2). Am Ballen kann ein flacher und ein plantarer Teil mit dem Ballenwulst sowie axial und peripher je ein Seitenteil unterschieden werden. Als Grenze zwischen dem flachen Ballenteil (Abb. 2/g,o) und der Sohle (Abb. 2/b,p) wird eine Verbindungslinie angenommen, die vom axialen zum abaxialen plantaren Ende der weissen Linie gelegt wird (Abb. 1/s). Jedes Segment ist aus Lederhaut (Corium) und Oberhaut (Epidermis) aufgebaut, wobei beim Saum, der Krone sowie dem Ballensegment unter der Lederhaut noch eine Unterhaut (Subcutis) vorhanden ist.

Die Subcutis überzieht die zentralen Stützteile der oben genannten Segmente und weist jeweils eine unterschiedlich starke Entwicklung auf. Im Saum- und im Kronbereich bildet sie einen Saum-Kronwulst aus. Er beginnt proximal beim Uebergang der Haut zum Saumsegment und reicht mit einer 3 bis 4 mm hohen, nach distal flach auslaufenden Wölbung bis zum Wandsegment. Dieser Saum-Kronwulst erstreckt sich von dorsal bis plantar, wo er sich verbreitert und in das seitliche und plantare Ballenpolster übergeht. Das plantare Ballenpolster ist mit etwa 10 mm sehr dick und besitzt eine ausgeprägte Aufwölbung. Gegen apikal flacht dieses Ballenpolster langsam ab und geht unmerklich in ein dünneres, noch 3 bis 4 mm dickes Polster des flachen Ballenteils über, um schliesslich im Sohlensegment zur Klauenspitze hin ganz zu verschwinden. An der Klauenspitze und im Wandsegment gibt es keine Subcutis, da das Corium hier direkt dem Periost des Klauenbeines anliegt.

Ueber der Subcutis oder über dem Periost befindet sich die Lederhaut (Corium) als Unterbau der Epidermis. Die Zotten ihres Papillarkörpers sind je nach Segment verschieden lang und fein ausgebildet. Eine Ausnahme ist das Wandsegment, wo der Papillarkörper aus unverzweigten Lederhautblättchen (Abb. 2/e), sogenannten Primärblättchen, besteht.

Die Lage der einzelnen Segmente ist an der Klauenlederhaut am besten zu erkennen (Abb. 2). Distal an den Kronrand anschliessend befindet sich dorsal und seitlich das Saumsegment (Abb. 2/b). Es ist etwa 2 bis 5 mm breit, geht nach plantar ohne Grenzen in das Ballensegment (Abb. 2/g) über und wird nach distal durch eine gut sichtbare Linie auf dem Saum-Kronwulst (Abb. 2/d) deutlich vom Kronsegment getrennt. Diese Linie wird dadurch gebildet, dass die im Saumsegment offensichtlich längeren Lederhautpapillen (Abb. 3/f) distal abrupt von den kürzeren Leder-

hautpapillen des Kronsegmentes (Abb. 3/m) abgelöst werden. Das Kronsegment (Abb. 2/c) ist dorsal 6 bis 8 mm breit und reicht auf der ganzen Seitenfläche bis etwa zur halben Höhe der Klaue nach distal, wo es an das Wandsegment (Abb. 2/e) grenzt. Es läuft nach plantar zusammen mit dem Wandsegment spitz aus. Kron- und Wandsegment reichen abaxial weit nach plantar und erstrecken sich über drei Viertel bis vier Fünftel der Seitenfläche. An der axialen Seitenfläche sind die beiden Segmente dagegen auf die vordere Hälfte, oder wenig mehr, beschränkt. Das Corium des Wandsegmentes bildet wie schon erwähnt Blättchen aus, die über das ganze, am Klauenrücken 9 bis 15 mm breite Wandsegment bis zur Fussungsfläche hinunterreichen. Die zottenbesetzte Lederhaut des Ballensegmentes (Abb. 2/f-h) reicht plantar anschliessend an das Saumsegment von der behaarten Haut über den Ballenwulst und über die fast ebene Fussungsfläche ohne erkennbare Grenze bis zur ebenfalls zottenbesetzten Lederhaut des Sohlensegmentes (Abb. 2/i, u). Axial ist die Sohlenlederhaut von der Fussungsfläche nach proximal gegen das Wandsegment hochgezogen. Die Papillen der gesamten Ballen- und Sohlenlederhaut sind einander identisch, und ähnlich wie jene des Saumsegmentes etwas länger als diejenigen des Kronsegmentes. Einzig an der Klauenspitze hat es am peripheren Rand der Fussungsfläche einige Reihen mit längeren und kräftigeren Lederhautpapillen.

An der Epidermis (Abb. 1) sieht man dorsal und seitlich die Hornwand, die proximal durch den Kronrand und distal durch den Tragrand begrenzt ist. Die Hornwand besteht aus dem dorsal liegenden Rückenteil (Abb. 1/b) und den beiden Seitenteilen (Abb. 1/c, m). Abaxial kann der plantare Abschnitt des Seitenteils auch als Trachtenteil (Abb. 1/d) der Hornwand bezeichnet werden. Die Hornwand hat eine leicht konvexe Aussenfläche und eine gering-

gradig konkave Zwischenklauenwand; diese gehen am Klauenrücken mit einer starken Krümmung ineinander über. Die abaxiale Seitenfläche ist höher als die axiale, da das Sohlensegment (Abb. 1/h,p) an der Fussungsfläche axial etwas hochgezogen ist, und der Kronrand auf der abaxialen Seitenfläche weiter proximal liegt als auf der axialen.

Dorsal und an den Seiten der Klauen findet man proximal das Saumhorn; es bedeckt die proximalen Teile des Kronhornes. Da das Saumhorn gegen distal allmählich ausläuft, kann dort keine Abgrenzung angegeben werden. An den Seitenflächen der Klauen geht plantar das Saumhorn nahtlos in das Ballenhorn über. Das Kronhorn der seitlichen Hornwand jedoch bildet gegen plantar einen Uebergang zum Ballenhorn hin (Abb. 1/i). Diese Grenze ist nicht zu sehen, palpatorisch hingegen kann sie aufgrund der sehr unterschiedlichen Hornkonsistenz eindeutig festgelegt werden.

Plantar am Hornschuh sieht man im kaudalen Randbereich der Fussungsfläche den sehr stark vorgewölbten Ballenwulst (Abb. 1/e,n), der sich im Sagittalschnitt betrachtet, deutlich weniger weit zur Klauenspitze hinzieht als der Ballenwulst der Subcutis. Dem epidermalen Ballenwulst schliesst sich spitzenwärts der flache Ballenteil (Abb. 1/g,o) und die Sohle (Abb. 1/b,p) an. Diese beiden bilden zusammen den ebenen Teil der Fussungsfläche. Mit dem Uebergangsbereich, dessen Horn kaum härter als das Sohlensegment erscheint, grenzt das Horn der Fussungsfläche an die Linea alba des Wandsegmentes an. Am Hornschuh der Schafklaue ist im Unterschied zu Beschreibungen beim Rind und vor allem im Gegensatz zum Schwein keine deutliche Grenze zwischen dem Ballen- und Sohlensegment zu erkennen.

Mikroskopische Befunde

Das Stratum basale der Epidermis wird aus einer Schicht zylindrischer Zellen gebildet, die jedoch an den Zotten-

spitzen oder beim Wandsegment über dem freien Rand der Lederhautblättchen zu einer mehr oder weniger kubischen Form abgeflacht werden. In der Hämatoxilin-Eosin (HE) Färbung werden die Kerne dieser Zellen violett-blau, und das Zytoplasma rot dargestellt. Die Zellgrenzen sind nicht sichtbar. Die Alcianblau-PAS-Reaktion hingegen eignet sich gut zur Darstellung der Zellgrenzen. Diese sind dabei durch eine rot-violette Einfärbung gut vom blauen Zytoplasma abzugrenzen. Der Kern ist kräftig blau eingefärbt.

Das anschliessende Stratum spinosum ist aus polygonalen Zellen aufgebaut. Der Zelleib ist geschrumpft, es entstehen auch im HE-Schnitt gut sichtbare Interzellularlücken. Das Zytoplasma ist an den Rand gedrängt und die Zellkerne erscheinen blasig. In beiden Färbungen ist der Kern nur noch schwach angefärbt, und auch das Zytoplasma ist weniger stark blau gefärbt als beim Stratum basale (Abb. 4/c; 12/a,d; 16/b).

Das Stratum granulosum ist in beiden Färbungen durch kräftige, tiefblaue Granula gekennzeichnet, die sich im Zytoplasma der tangential zur Oberfläche der Hornwand leicht abgeflachten Zellen befinden. Das Stratum granulosum ist im Saum-, Ballen- und Sohlensegment (Abb. 3/h; 16/f; 17/d) vorhanden, es fehlt im Kron- und im Wandsegment.

Das Stratum spinosum entspricht in der Schichtdicke zusammen mit dem Stratum granulosum etwa der Länge der Lederhautpapillen des jeweiligen Segmentes (Abb. 3/f-h,m,n). Eine Ausnahme bildet das Wandsegment, wo das Stratum spinosum eine dünne Schicht von nur 2-3 Zellagen darstellt (Abb. 11/b).

Das Stratum corneum ist der Hornschuh der Klaue, an dem in den meisten Bezirken eine Röhrenchenkonstruktion zu erkennen ist (Abb. 4,7,14,15). Das Röhrenchenhorn besteht aus zahlreichen Röhrenchen und dem dazwischenliegenden Zwischenröhrenchenhorn (Abb. 5,9). Die Hornröhrenchen entstehen über den Zotten des Papillarkörpers und durchziehen das Stratum corneum des Ballen- und Sohlensegmentes in seiner ganzen Dicke (Abb. 17) und sind im Kronhorn so lang wie die Klauenwand hoch ist (Abb. 3).

Die Zellen des Zwischenröhrenchenhorns sind im Anschnitt rund-polygonal bis flach-oval (Abb. 5/a,b; 9/a; 18/c), wobei ihre dreidimensionale Form wahrscheinlich auch beim Schaf pfannkuchenförmig ist, ähnlich wie es WILKENS (1964) für das Rind beschrieben hat. Die Hornröhrenchen bestehen aus einem zentralen Mark und der umgebenden Rinde. Die Rinde ist aus pfannkuchenförmigen Zellen gebaut, die im Kronhorn und zum Teil auch im Saumhorn stärker abgeplattet sind als die Zellen des Zwischenröhrenchenhorns (Abb. 5/d; 9/c; 18/b). Da der Uebergang zwischen Röhrenchenrinde und Zwischenröhrenchenhorn allmählich erfolgt, ist eine Abgrenzung zwischen Röhrenchenrinde und Zwischenröhrenchenhorn im allgemeinen nicht möglich. In Abhängigkeit von ihrer Lage können die Hornröhrenchen einen runden (Abb. 9) oder parallel zur Oberfläche abgeplatteten Querschnitt aufweisen (Abb. 5).

In der HE-Färbung erscheint das Stratum corneum rötlich bis violett getönt, wobei das Saum-, Ballen- und Sohlenhorn intensiver gefärbt ist als das Kron- und Wandhorn.

Nach HE-Färbung sind meist keine Zellgrenzen im Horn zu sehen. Die Hornröhrenchen sind im HE-Schnitt nur an ihrem Markraum zu erkennen, der sich etwas intensiver rot als die Umgebung anfärbt.

Nach der Alcianblau-PAS-Reaktion sind die Zellgrenzen des Hornes rot-violett gefärbt. Das Zytoplasma erscheint im Horn des Saum-, Ballen- und Sohlensegmentes auch rot bis violett und ist intensiver gefärbt als im Horn des Kron- und Wandsegmentes, das hell bleibt oder sich nur schwach rötlich anfärbt (Abb. 3/i,o; 4/d,f). Wegen der guten Anfärbung der Zellgrenzen sind die einzelnen Zellen im Zwischenröhrchenhorn sowie in Rinde und Mark der Röhrchen meist gut zu erkennen.

3.2 Besonderheiten der einzelnen Segmente

Saumsegment

Das Saumsegment mit seiner Breite von 2-5 mm lässt sich gut von seinen angrenzenden Strukturen unterscheiden (Abb. 3).

Der Uebergang der Haut zum Saumsegment ist charakterisiert durch das Verschwinden der Haarbälge und der Talgdrüsen im Corium (Abb. 3/c). Der Papillarkörper des Saumsegmentes (Abb. 3/f) ist wesentlich höher als in der behaarten Haut (Abb. 3/b). Das Corium des Saumsegmentes besitzt etwa 0.7 bis 1.1 mm lange feine Zotten, die regelmässig angeordnet sind, weit in die Epidermis hineingreifen und deren Spitzen stark nach distal geneigt sind. Die Schicht des Stratum germinativum (Stratum basale und Stratum spinosum zusammen) mit dem Stratum granulosum ist etwa 2 bis 4 mal dicker als in der behaarten Haut. Das Stratum granulosum (Abb. 3/h) des Saumes hat mit 3 bis 5 Zellagen im Vergleich zum Stratum spinosum (Abb. 3/g) einen eher unwesentlichen Anteil an der Höhe der weichen Epidermis.

Zum Kronsegment (Abb. 3/l-p) hin grenzt sich das Saumsegment ebenfalls sehr deutlich ab. Das Stratum germinativum der Krone ist nur halb so dick wie im Saumsegment. Damit

sind auch die Lederhautpapillen im Kronsegment nur noch ungefähr 0.4 bis 0.6 mm lang, etwas feiner gebaut, regelmässig angeordnet und deren Spitzen ebenfalls stark nach distal geneigt. In besonders deutlicher Weise zeigt sich dieser Uebergang durch das Verschwinden des Stratum granulosum und durch das Ausbilden eines Stratum corneum im Kronsegment, das andere Farbeigenschaften besitzt als dasjenige des Saumsegments. Die Hornschicht des Saumsegments (Abb. 3/i) schiebt sich nach distal in Verlängerungsrichtung der Zotten über das Horn des Kronsegmentes (Abb. 3/o-p) hinweg, so dass der proximale Teil des Kronhorns bis zu 12 mm nach distal mit Saumhorn bedeckt ist.

Das Stratum corneum des Saumsegmentes bildet einen markanten Uebergang vom Stratum granulosum her. Die Granula sind nicht mehr sichtbar, die Zellformen erscheinen im Schnitt tangential zur Oberfläche flach-oval. Das Zytoplasma ist gleichmässig rötlich bis bläulich angefärbt, der Kern ist durch keine Färbung darzustellen. Die Grösse der Hornzellen ist bis zur Mitte des Stratum corneum weitgehend konstant. Gegen die Oberfläche hin, und auch gegen distal über das Kronhorn hin können vielfach grossflächige Zellanschnitte und eine Vakuolenbildung im Saumhorn beobachtet werden (Abb. 4/h; 5/b). Diese Vakuolen liegen meist intrazellulär, sind aber in einigen Fällen auch extrazellulär anzutreffen. Die Zellen des Zwischenröhrchenhorns weisen in diesen Gebieten eine vorwiegend runde bis polygonale Gestalt auf, ihr Zytoplasma ist wegen der Vakuolenbildung viel blasser gefärbt als in den tiefer liegenden Hornschichten.

Die Hornröhrchen des Saumhornes sind in einigen Schnitten nur in den tieferen Schichten und im kronhornüberlappenden Teil des Saumhornes zu finden. In anderen Schnitten sind sie gleichmässig im ganzen Saumhorn verteilt (Abb. 4).

Der klassische Aufbau der Hornröhrchen und die exakte Abgrenzung von Mark, Rinde und Zwischenröhrchenhorn, ist im Saumhorn ähnlich wie bei anderen Tierarten nur selten zu erkennen. Die Markräume erscheinen im Längsschnitt meist als rot gefärbte Zellstränge aus eng aneinanderliegenden, parallel zur Achsenrichtung der Röhrchen sehr stark abgeflachten Zellen, die einen dunkelblauen sehr schmalen Zellkern enthalten (Abb. 6). Stellenweise sind diese Zellen gross und rundlich, intensiv PAS-positiv gefärbt und besitzen einen grossen dunkelblauen Kern. In nur wenigen Schnitten sind in einem Teil der Röhrchen eigentliche Markräume sichtbar, die mit stark PAS-positivem Zelldetritus gefüllt sind. Die Röhrchenrinde ist nur schwer anzusprechen. Im Längsschnitt kann sie mit ihren flach anliegenden Zellen (Abb. 6/d) zwar sehr gut von den wenigen Markräumen und meist auch gut von den kernhaltigen, etwas intensiver gefärbten Markzellen abgegrenzt werden; die Rinde ist aber weder durch besondere Anordnung noch durch besondere Farbeigenschaften von den Zwischenröhrchenhornzellen zu unterscheiden.

Im Querschnitt (Abb. 4,5) erscheinen die Hornröhrchen tangential zur Oberfläche leicht abgeflacht. Der Durchmesser der Markräume ist bei den meisten Röhrchen ähnlich und nur bei wenigen Röhrchen grösser oder kleiner. Auch im Querschnitt ist das Mark (Abb. 5/c) mehrheitlich an seinen intensiv rot gefärbten Markzellen zu erkennen, die oft einen grossen dunkelblauen Kern enthalten. Als Rinde (Abb. 5/d) können 1 bis 3 flache Zellschichten, die schalenartig das Mark umgeben, angesprochen werden. Sie kann aber auch im Querschnitt nicht vom Zwischenröhrchenhorn abgegrenzt werden.

Im Saumhorn des Schwarzbraunen Bergschafes ist sehr viel Pigment eingelagert. Dieses liegt im Zytoplasma der Zellen, und zwar besonders dicht im Stratum basale und in den

untersten Zellschichten des Stratum spinosum. Im restlichen Stratum spinosum, dem Stratum granulosum und dem Stratum corneum ist das Pigment zwar gleichmässig verteilt, erscheint aber nicht mehr so intensiv. Diese Pigmenteinlagerung ist auch in den am weitesten distal vorkommenden Saumhornschichten vorhanden.

Kronsegment

Das Kronsegment mit seiner Breite von 6 bis 8 mm ist charakterisiert durch sein (mit Hämatoxylin-Eosin und der AB-PAS-Reaktion) schwach anfärbbares Horn, das zahlreiche Röhrchen pro Flächeneinheit enthält (Abb. 7,8/d-e). Das fehlende Stratum granulosum ist ebenfalls typisch. Die distale Grenze zwischen Kron- und Wandsegment bildet der Uebergang der Coriumzotten der Krone in die Coriumblättchen der Wand. Das Kronhorn zieht distal über das Wandsegment hinweg und reicht bis zum Tragrand hinunter. Es bildet somit den grössten Teil der Hornwand. Der schmale Saumhornüberzug ist durch eine bessere Färbbarkeit (Abb.3, 7,8) und durch einen grösseren Querschnitt der Hornzellen (Abb. 6) klar vom Kronhorn zu unterscheiden. Die Querschnittsfläche des Kronhorns kann in eine jeweils etwa gleichstarke Innen-, Mittel- und Aussenzonen eingeteilt werden; doch ist eine genaue Abgrenzung dieser Zonen nach morphologischen Besonderheiten nicht möglich.

Die Zellen des Zwischenröhrchenhorns sind in der Innenzone (Abb. 9/a) und einem Teil der Mittelzone der Seitenteile der Hornwand rund oder polygonal; ihre Form ist gut zu erkennen, da sich ihre Zellgrenzen nach der Alcianblau-PAS-Reaktion intensiv rot-violett färben. Gegen die Oberfläche hin werden die Zellen des Zwischenröhrchenhorns flacher; sie sind tangential zur Oberfläche der Hornwand abgeplattet, so dass ihre räumliche Gestalt der von WILKENS (1964) für das Rind und von GEYER (1980) für das

Schwein beschriebenen Pfannkuchenform entspricht. Im Rückenteil und im Trachtenteil der Hornwand findet man auch schon in den innenliegenden Hornschichten stark abgeflachte Zellen des Zwischenröhrchenhorns, die auch tangential zur Oberfläche abgeplattet sind. In der Aussenzone aller drei Hornwandteile ist eine Struktur der Hornzellen, bedingt durch deren starke Abflachung und eine fehlende Reaktion der Zellwände mit AB-PAS, nicht mehr sichtbar (Abb. 10/a). Im Trachten- und im Seitenteil der Hornwand sind vielfach in den Zellen des Zwischenröhrchenhorns der Innen- und manchmal auch der Mittelzone des Kronhorns noch schwach angefärbte Kerne oder Kernreste sichtbar (Abb. 9/a). Am Rückenteil kann dies nur in wenigen Schnitten und dann nur in der Innenzone beobachtet werden.

Im Anschluss an die feinen Lederhautpapillen durchziehen zahlreiche Röhrchen das Kronhorn. Sie sind an ihren Markräumen, die sich mit Alcianblau-PAS meist rot färben, gut zu erkennen. Die Dichte dieser Hornröhrchen ist hier im Kronsegment grösser als im Saumsegment, wobei in der äusseren Hälfte des Kronhornquerschnittes mehr Röhrchen pro Flächeneinheit auftreten als in der inneren Hälfte (Abb. 8). Die Anordnung dieser Röhrchen erscheint unregelmässig, lediglich in der Innenzone der Hornwand ist in der Nähe der Lederhautblättchen eine radiäre Anordnung der Kronröhrchen zu erkennen.

An Querschnitten durch die Seitenteile der Hornwand findet man im inneren Drittel des Kronhorns Röhrchen, deren Markräume sich mit PAS nur schwach anfärben. In den äusseren zwei Dritteln des Kronhorns sind die Markräume mit PAS stark rot angefärbt. Die Querschnitte durch die Seitenteile der Hornwand zeigen in der inneren Hälfte des Kronhorns runde Röhrchenformen (Abb. 8,9), während in der äusseren Hälfte des Kronhorns ovale Röhrchen (Abb. 8/e) zu sehen sind, die nach aussen hin tangential zur Ober-

fläche immer stärker abgeplattet sind (Abb. 10/b).

Im Dorsalteil und Trachtenteil der Hornwand überwiegen die abgeplatteten Hornröhrchen mit ovalem Querschnitt; nur in der Innenzone kommen noch in einem schmalen Bereich Röhrchen mit rundem Querschnitt vor, die alle ein schwach angefärbtes Mark haben.

In den Kronröhrchen mit schwach angefärbtem Mark sind gut abgrenzbare, intakte Markzellen mit dunklen Kernen erkennbar (Abb. 9/b). Das Zytoplasma der schwach angeführten Markräume zeigt eine schwach PAS-positive Reaktion. Demgegenüber sind beim beschriebenen stark angeführten Röhrchenmark keine Zellgrenzen und keine Zellkerne mehr erkennbar (Abb. 10/b). Es handelt sich hier um einen eigentlichen, mit Zellfragmenten angeführten Markraum, mit einer intensiven PAS-positiven Reaktion. Von innen nach aussen zur Oberfläche der Hornwand hin nimmt die Querschnittfläche der Markräume durch die Abplattung der Röhrchen gleichmässig ab. Nur wenige Schnitte hingegen zeigen in der Mittelzone des Kronhorns Hornröhrchen mit einem deutlich grösseren Markdurchmesser als in der Innen- und der Aussenzone.

Die Röhrchenrinde ist im Längsschnitt nicht gegen das Zwischenröhrchenhorn abzugrenzen. Eine Tannenzapfenstruktur mit Neigung der Rindenzellen nach distal gegen das Mark, wie sie von WILKENS (1964) für das Rind und von GEYER (1980) für das Schwein beschrieben wurde, ist beim Schaf nicht zu erkennen (Abb. 6/d). Im Querschnitt ist im Kronhorn des Schafes ebenfalls eine zwiebelschalenartige Umkleidung des Markes mit flachen Hornzellen in mehreren Schichten festzustellen (Abb. 9/c), die als Röhrchenrinde angesprochen werden kann. Auch hier besteht wie im Längsschnitt ein fliessender Uebergang zum Zwischenröhrchenhorn. Gegen die Oberfläche der Hornwand hin flacht

diese Schalenstruktur jedoch stark ab, so dass sie dadurch in der Aussenzone praktisch nicht mehr zu erkennen ist (Abb. 10).

Der axiale Teil des Kronsegments zeigt im Aufbau ähnliche Strukturen wie der hier beschriebene periphere Teil, hat aber im Querschnitt eine um etwa die Hälfte dünnere Hornwand (Abb. 14,15).

Die Verteilung des Pigmentes beim Schwarzbraunen Bergschaf ist proximal im Kronsegment gleich wie im Saumsegment. Jedoch sind hier im Kronsegment das Stratum basale und die untersten Schichten des Stratum spinosum noch kräftiger pigmentiert als im Saumsegment. Mit weiteren Schnitten nach distal wird die Intensität der Pigmentierung des Kronhorns immer schwächer, wobei sie noch proximal vom Wandsegment völlig verschwindet. Im Querschnitt durch das Kronhorn kann man dementsprechend in der oberflächennahen Schicht die stärkste Pigmentierung feststellen. In die Tiefe gehend wird die Pigmentierung immer schwächer und ist in der Innenzone des Kronhorns dann gänzlich verschwunden.

Wandsegment

Das Corium des Wandsegments besteht nicht aus Papillen sondern aus Lederhautblättchen (Abb. 7/a-b; 8/b; 11/a). Beim Uebergang vom Kronsegment zum Wandsegment ist gut sichtbar, dass sich von proximal nach distal die ursprünglich unregelmässig angeordneten Lederhautpapillen des Kronsegments allmählich streng aneinanderreihen (Abb. 16/a), dann quasi "zusammenwachsen" und so die Lederhautblättchen bilden. Diese sind überzogen vom Stratum basale und dem davon gut abgrenzbaren Stratum spinosum, das in der Nähe der Grenze zwischen Kron- und Wandsegment noch den gesamten Raum zwischen den Lederhautblättchen aus-

füllt. Mit weiteren Schnitten nach distal wird zwischen den Lederhautblättchen allmählich ein Stratum corneum sichtbar, das ebenfalls blättchenförmig tief zwischen die Lederhautblättchen hineingreift. An dieser Stelle sind die Lederhautblättchen ausser vom Stratum basale von einem 2 bis 3schichtigen Stratum spinosum überzogen, das aus stark abgeflachten Zellen besteht (Abb. 11/b). Ein Stratum granulosum fehlt. Die Rückenhöhe der Lederhautblättchen beträgt proximal kurz nach ihrer Bildung 0.3 bis 0.5 mm. Sie nimmt dann, zunächst zwar nur unwesentlich, nach distal bis etwa Mitte Wandsegment weiter zu bis auf 0.6 bis 0.8 mm, wobei aber auch Extremwerte bis zu 1.2 mm gemessen wurden. Diese Werte wurden im Bereich der abaxialen Seitenwand erhoben.

Im Querschnitt durch das Wandsegment zeigen die Lederhautblättchen eine ziemlich regelmässige Form: Sie sind meist gerade gestreckt, manchmal aber auch s-förmig gelegt (Abb. 7). An der abaxialen Seitenwand (Abb. 14/a) sind die Coriumblättchen sehr lang und dünn. An der axialen Seitenwand (Abb. 15/a) sind die Coriumblättchen dagegen wenig breiter bis fast doppelt so breit und nur halb so lang bis fast gleich lang wie abaxial.

Die Stellung dieser Lederhautblättchen ist proximal im Wandsegment nur im Rückenteil einheitlich. Dort stehen alle mehr oder weniger senkrecht zur Oberfläche der Hornwand. In den Seitenteilen gibt es in den verschiedenen untersuchten Klauen grosse Unterschiede. Abaxial sind von Blättchen, die etwa um 30° zur Senkrechten durch die Hornwand nach dorsal geneigt sind, über mehr oder weniger senkrecht stehende bis zu solchen die etwa 30° zur Senkrechten nach plantar geneigt sind, alle Zwischenstufen anzutreffen (Abb. 7). Axial sind ähnliche Verhältnisse zu beobachten; Neigungswinkel der Blättchen von ebenfalls

30° gegen dorsal bis zu allerdings 50° gegen plantar.

Das Stratum corneum des Wandsegments besteht aus platten Zellen, die Hornblättchen bilden (Abb. 11/c), die tief zwischen die Lederhautblättchen (Abb. 11/a) hineingreifen. In den Hornblättchen sind die Zellen parallel zur Seitenfläche der Lederhautblättchen abgeplattet. Ueber dem freien Rand der Lederhautblättchen sind die Zellen des Wandhorns parallel zum freien Rand der Lederhautblättchen abgeflacht.

Die dem Wandhorn benachbarten innersten Kronröhrchen (Abb. 8/d) markieren die Grenze zwischen beiden Segmenten. Die radiäre Aneinanderreihung der an das Wandsegment angrenzenden inneren Kronröhrchen rührt wahrscheinlich von den aneinandergereihten Lederhautpapillen beim Uebergang zu den Blättchen her.

Das Stratum corneum von Wand- und Kronsegment zusammen ist auf der axialen Seite nur etwa halb so dick wie auf der abaxialen Seite (Abb. 14,15).

Im Wandsegment findet man gegen distal über dem freien Rand der Lederhautblättchen das Kappenhorn. Es wird gebildet aus tangential zur Rückenkrümmung der Blättchen abgeplatteten und der Kontur entsprechend gebogenen Hornzellen, die übereinander geschichtet aussen dem freien Rand der Lederhautblättchen aufsitzen. Proximal im Wandsegment ist abaxial nur sehr wenig, axial gar kein Kappenhorn sichtbar. Distal in Tragrandnähe ist abaxial dann etwas mehr, axial hingegen nur wenig Kappenhorn ausgebildet. Das Kappenhorn ist in der Alcianblau-PAS-Reaktion gut vom Kronhorn und vom übrigen Wandhorn zu unterscheiden, da das Zytoplasma und die Grenzen seiner Zellen etwas intensiver rot bzw. rot-violett gefärbt werden als beim Kronhorn und beim übrigen Wandhorn.

Der distale Rand der Coriumblättchen des Wandsegments ist mit Zotten besetzt. Auf Querschnittserien sieht man distal an den Coriumblättchen Querschnitte durch Zotten, die in Reihen angeordnet in den Umrissen der Lederhautblättchen liegen (Abb. 12, 21/c). Die Lücken zwischen den Zottenanschnitten werden durch ein Stratum spinosum geschlossen, das wieder rund-polygonale Zellen aufweist (Abb. 12, 21/d). Wie in Querschnittserien festgestellt, beginnt die Terminalzottenbildung zunächst am freien Rand der Lederhautblättchen. Weiter distal sind Terminalzotten auch an der Basis der Lederhautblättchen sichtbar. Gleichzeitig mit dem Erscheinen der distalen, inneren Terminalzotten (Abb. 12, 21) wird in der Epidermis der kronhornnahen, proximalen Terminalzotten das Stratum granulosum (Abb. 12, 21/e) des späteren Terminallagenhorns sichtbar. Ab der Stelle, wo alle Lederhautblättchen durch Terminalzotten ersetzt sind, erkennt man gegen distal vermehrt eine gebogene Form der Hornblättchen (Abb. 13, 20/c). Diese gebogene Form der Hornblättchen kommt wahrscheinlich dadurch zustande, dass die Höhe der Lederhautblättchen gegen distal schon vor dem Erscheinen der Terminalzotten stetig abnimmt (Abb. 11-13). Sind distal alle Terminalzotten gebildet, so ist die Höhe der Terminalzottenreihen inklusive Kappenhorn bereits 20% geringer als die ursprüngliche Höhe der Lederhautblättchen weiter proximal im Wandsegment.

Weiter nach distal verschwinden nun die Terminalzotten nacheinander von aussen nach innen. Der Raum zwischen den sich immer mehr verkrümmenden Hornblättchen wird mit Terminallagenhorn aufgefüllt (Abb. 13/b). Das Terminallagenhorn gleicht in seiner Struktur und seiner Färbung sehr stark dem Sohlen- und dem Ballenhorn. Die vollständig ausgebildeten Terminallagen haben auf der abaxialen und der axialen Seite eine radiäre Ausdehnung von nur 50 bis 75% der ursprünglichen Höhe der Lederhautblättchen.

Dementsprechend sind auch hier die dazwischenliegenden Hornblättchen sehr stark gestaucht und geschlängelt (Abb. 13/c).

Die Reihen der Terminallagen und die dazwischenliegenden Hornblättchen sind im Rückenteil der Hornwand gegen plantar geneigt. Die Winkel zwischen den Terminallagen und einer Senkrechten durch die Oberfläche der Hornwand betragen bis zu 60° . Die dem Kronhorn benachbarten Teile der Terminallagen sind dabei manchmal noch nach dorsal umgebogen. Nur in wenigen Schnittserien standen die Terminallagen an der Klauenspitze noch senkrecht zur Kronhornoberfläche. In den Seitenteilen der Hornwand können die Terminallagenreihen gegen plantar oder gegen dorsal geneigt sein (Abb. 13/b; 19/h). In der abaxialen und axialen Seitenwand werden Neigungswinkel der Terminallagenreihen bis zu 45° gegenüber einer Senkrechten zur Oberfläche der Hornwand festgestellt. Im Vergleich zur Ausrichtung der inneren Teile des Terminallagenhorns sind die äusseren, dem Kronhorn benachbarten Teile des Terminallagenhorns manchmal noch in die Gegenrichtung umgeschlagen (Abb. 13/b).

In Nähe des Tragrandes sind das Kappen- und Terminallagenhorn mit den dazwischen eingeschobenen stark geschlängelten Hornblättchen des Wandsegments gut zu erkennen. Peripher davon liegt Kronhorn, gegen **zentral** sieht man Sohlenhorn (Abb. 13). In der Alcianblau-PAS-Färbung sind die einzelnen Strukturen gut zu unterscheiden.

Im Wandsegment ist beim Schwarzbraunen Bergschaf keine Pigmentierung festzustellen.

Ballen- und Sohlensegment

Am Ballensegment kann - wie bereits in Kapitel 3.1. beschrieben - ein flacher und ein plantarer Teil mit dem

Ballenwulst, sowie axial und abaxial je ein Seitenteil unterschieden werden (Abb. 1,2).

Im plantaren Ballenteil erscheint die Schicht des Stratum germinativum und des Stratum granulosum zusammen etwas höher als im Saumsegment. Das Stratum granulosum macht hier ein Drittel bis die Hälfte der weichen Epidermis aus, im Gegensatz zum Saumsegment (Abb. 3/h), wo es nur unwesentlich zur Schichtdicke beiträgt. Diese weichen Epidermisschichten werden von langen, dünnen und zur Klauenspitze hin geneigten Lederhautpapillen durchzogen, die plantar 0.9 bis 1.2 mm lang sind.

Das Ballenhorn ist, ähnlich dem Saumhorn, mit Hämatoxylin-Eosin und der Alcianblau-PAS-Reaktion etwas stärker gefärbt als das Kronhorn. Die Zellen des Zwischenröhrchenhorns haben im Ballen eine polygonale, kaum abgeflachte Form, in denen keine Kernreste mehr sichtbar sind (Abb. 18/c). Die Form und Grösse dieser Zellen ist über den ganzen Querschnitt einheitlich. Selten sind in den Randgebieten zur Oberfläche hin intrazelluläre Vakuolen sichtbar. Gut gefärbte Hornröhrchen, die gegenüber den Zotten geringgradig zur Klauenspitze hin abgewinkelt sind, ziehen in einem flachgekrümmten Bogen nach distal zum Ballenwulst hin, wobei sie im Ballenwulst dann meist einen leicht geschlängelten Verlauf aufweisen. Der Winkel, den diese Hornröhrchen im Wulst des plantaren Ballens zur Fussungsfläche bilden, beträgt etwa 50 bis 60°.

Das Mark der Ballenröhrchen (Abb. 18/a) ist etwas stärker angefärbt als die Zellen des Zwischenröhrchenhorns. Zum grössten Teil besteht das Mark aus gut erkennbaren Zellen mit Kernen. Nur ein kleiner Anteil der Röhrchen hat ein Mark, das aus stark PAS-positiven Zellfragmenten besteht. Diese sind aber nicht in einer bestimmten Schicht, oder

an einer bestimmten Stelle vorherrschend. Im Längsschnitt ist auch im Ballensegment die Röhrrchenrinde nicht klar gegen das Zwischenröhrrchenhorn abzugrenzen. Im Querschnitt können ca. 2 bis 3 Lagen von leicht abgeflachten Hornzellen als Rinde angesehen werden (Abb. 18/b). Die Röhrrchenrinde ist im Ballen aber weniger gut zu erkennen als im Kronhorn, was wahrscheinlich durch die weniger straffe Schichtung der Ballenhornzellen bedingt ist. Die Hornröhrrchen sind im Ballen gleichmässig über die ganze Querschnittsfläche verteilt, ihre Form ist überwiegend rund, wobei sie nur am Rand der Oberfläche entlang in manchen Schnitten leicht oval erscheinen können. Der Durchmesser der Röhrrchen ist weitgehend konstant, nur wenige sind viel grösser oder viel kleiner.

Der flache Ballenteil und das Sohlensegment unterscheiden sich nicht wesentlich vom plantaren Ballensegment. Das Stratum granulosum (Abb. 17/d) nimmt in der Schichtdicke zur Klauenspitze hin langsam ab, wobei es in der Epidermis der Terminallagen am Uebergang zum Wandsegment dann völlig verschwindet. Die gesamte Schichthöhe des Stratum germinativum und Stratum granulosum und die Länge der Lederhautzotten, die 0.7 bis 0.9 mm beträgt, sind etwas geringer als im plantaren Ballenteil, bleiben aber im flachen Ballenteil und im Sohlensegment bis zur Klauenspitze hin konstant.

Die Lederhautzotten sind klauenspitzenwärts geneigt und leicht gebogen. Sie gehen mit nur einer kleinen, weiter spitzenwärts gerichteten Winkeländerung in die Hornröhrrchen (Abb. 17/f) - die hier meist gradlinig verlaufen - über, so dass ihr Neigungswinkel zur Fussungsfläche mit rund 45° etwas kleiner ist als derjenige der Zotten. Dieser Knick (Abb. 17/g) zwischen der Längsachse der Röhrrchen und der Längsachse der Zotten ist weniger

markant als es GEYER (1980) beim Schwein beschreibt. Das Stratum corneum im flachen Ballenteil und im Sohlensegment ist ähnlich gebaut wie im plantaren Ballenteil. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Zellen des Zwischenröhrchenhorns und die Hornröhrchen hier in manchen Querschnitten parallel zur Fussungsfläche leicht abgeflacht sein können.

Im Uebergangsbereich des Sohlensegmentes zum Wandsegment ist als einzige Besonderheit festzustellen, dass in fast allen Schnitten Coriumzotten zu finden sind, die 1 bis 1.1 mm lang sind und einen grösseren Querschnitt zeigen als jene Coriumzotten, die sich plantar am Uebergang zum flachen Ballenteil befinden (Abb. 19/d,e). Im gesamten gesehen zeigt sich die Tendenz, dass diese dickeren Zotten vor allem gegen die periphere Seite hin sichtbar sind, wobei aber die Zotten, die unmittelbar an die Terminallagen angrenzen, einen mittelgrossen Querschnitt zeigen, ähnlich den Zotten, die an den flachen Ballenteil angrenzen. Die Lederhautzotten in der Klauenspitze zeigen allgemein eine lineare Anordnung (Abb. 19/e). Sie sind zu Reihen angeordnet, die von axial nach peripher verlaufen.

In Serienschnitten durch den Sohlenbereich, sind distal der dicken Coriumzotten auch Hornröhrchen zu sehen, die grössere Markquerschnitte aufweisen (Abb. 19/g) als die übrigen Sohlenröhrchen und die Röhrchen vom flachen Ballenteil.

Im übrigen ist die Epidermis des Sohlensegmentes mit ihren Strukturen und deren Färbbarkeit identisch zum flachen und zum plantaren Ballenteil. Es können daher beim Schaf, im Gegensatz zum Rind und vor allem zum Schwein, histologisch keine Unterschiede zwischen Ballen- und Sohlensegment festgestellt werden.

Im abaxialen und axialen Seitenteil des Ballensegmentes gibt es einige Unterschiede zu den Befunden am plantaren und flachen Ballenteil. Im inneren Drittel, fallweise auch in der inneren Hälfte des Stratum corneum, sind die Hornröhrchen auch in den Seitenteilen des Ballensegmentes rund und die Zellen des Zwischenröhrchenhorns rund-polygonal. Nach aussen anschliessend bis zur Oberfläche des seitlichen Ballenhorns sind dann die Röhrchen und die Zellen des Zwischenröhrchenhorns leicht oval und parallel zur Oberfläche abgeflacht (Abb. 14,15). Die Verteilung der Röhrchen über den Querschnitt ist auch hier etwa konstant und ihr Aufbau entspricht demjenigen der restlichen Ballenteile.

Die Pigmentierung beim Schwarzbraunen Bergschaf ist im Ballen- und Sohlensegment wieder ähnlich wie im Saumsegment. Im Stratum basale und in den untersten Schichten des Stratum spinosum ist wieder besonders viel Pigment eingelagert. Zur Oberfläche des Ballenhorns hin ist nur noch wenig Pigment vorhanden und regelmässig im ganzen Querschnitt verteilt.

Grenzbereich Hornwand - seitliches Ballensegment

Die Serienschritte, anhand derer diese Befunde erhoben wurden, begannen proximal in der Hornwand, im Bereich des Uebergangs des Kronsegmentes zum Ballensegment und reichten bis zum Tragrand hinunter.

Das Corium des Kronsegmentes ist auch im Grenzbereich zum Ballen mit feinen Zotten ausgestattet; im benachbarten Ballen hingegen sind die Zotten etwas gröber und in manchen Schnitten auch etwas länger als im Kronsegment.

Die Grenze zwischen Kron- und Ballensegment ist klar durch das Erscheinen des Stratum granulosum im Ballensegment

geennzeichnet (Abb. 14-15/d; 16/f), weiterhin auch durch das Stratum corneum des Kronsegmentes (Abb. 14-15/b; 16/f), das nach plantar keilförmig spitz ausläuft und dort endet, wo das Stratum granulosum des Ballens beginnt.

Das Kronhorn wird an seinem plantaren Rand vom Uebergangsbereich des Saumhorns zum Ballenhorn bedeckt (Abb. 14-15/f; 16/h), der sich von der dünnen Saumhornschicht aus nach plantar erstreckt, immer dicker wird und dann in das Ballenhorn (Abb. 14-15/e; 16/g) übergeht. Dieser Uebergangsbereich vom Saumhorn ins Ballenhorn ist etwa 3-6 mm lang.

Histologisch gesehen gibt es keinen Unterschied zwischen Saumhorn und seitlichem Ballenhorn, so dass im Uebergangsbereich diese Segmente nicht klar gegeneinander abzugrenzen sind. Die Grenze zwischen dem Kronhorn und dem Horn des Uebergangsbereiches vom Saum zum Ballen ist meist gut zu erkennen (Abb. 15/b,f). Seltener ist die Grenze zwischen dem Kronhorn und dem benachbarten Horn des Uebergangsbereiches vom Saum zum Ballen nur undeutlich (Abb. 14/b,f), indem die Hornzellen allmählich ihre Form und Färbbarkeit ändern. Auf der axialen Seite des Hornschuhs sind die Verhältnisse im Grenzbereich der Hornwand zum seitlichen Ballensegment ähnlich wie auf der abaxialen Seite (Abb. 14-15). Das Kronhorn ist axial (Abb. 15/b) aber nur halb so dick wie abaxial und läuft somit noch spitzer nach plantar aus. Ebenso verhält es sich mit dem Ballenhorn und dessen Uebergangsbereich zum Saumhorn.

Weiter nach distal beginnt die Aneinanderreihung der Lederhautzotten und die Bildung der Lederhautblättchen, die dann bald vollständig ausgebildet sind. Diese Blättchen erscheinen gestreckt oder leicht s-förmig gebogen und sind abaxial kurz vor dem Ballensegment stets nach dorsal

geneigt, und zwar in einem Winkel von bis zu 45° zu einer Senkrechten durch die Oberfläche der Hornwand (Abb. 15/a). Axial ist die Richtung der Lederhautblättchen weniger einheitlich. Sie sind dort unterschiedlich von leicht nach plantar, über mehr oder weniger senkrechtstehend, bis - mit ebenfalls bis zur etwa 45° Schräglage - stark nach dorsal geneigt.

Die plantarsten Lederhautblättchen sind sehr viel kürzer als am Klauenrücken und ihr distaler Rand trägt wie die übrigen Blättchen Terminalzotten. Wenig weiter distal findet man auf der abaxialen wie der axialen Seite bereits auch das Terminallagenhorn. Die Struktur und Färbeeigenschaften des Terminallagenhorns sind dem Ballen- und dem Sohlenhorn sehr ähnlich.

Die Reihen des plantaren Terminallagenhorns sind ähnlich ausgerichtet wie die zugehörigen Lederhautblättchen und Terminalzotten, deren unterschiedliche Ausrichtung zwei Abschnitte vorher beschrieben ist. Zusätzlich ist oft noch der dem Kronhorn benachbarte Teil der nach dorsal geneigten Terminallagenreihen gegen plantar umbogen, ähnlich wie es Abb. 13 an der abaxialen Seitenwand zeigt. Die Gestalt dieser Terminallagen ist sehr unregelmässig und ihre radiäre Ausdehnung (= Höhe) ist um 30-50% kürzer als die zugehörigen Lederhautblättchen hoch sind.

Die zwischen dem Terminallagenhorn liegenden Hornblättchen sind auch im plantaren Bereich des Tragrandes stark geschlängelt und kürzer als die zugehörigen Lederhautblättchen weiter proximal. Im plantaren Bereich der Horn-

wand konnte auf der abaxialen Seite in seltenen Fällen wenig Kappenhorn, auf der axialen Seite aber kein Kappenhorn nachgewiesen werden.

Das plantar an die Hornwand angrenzende seitliche Ballenhorn geht distal ohne besondere Grenze in jene Ballenhornpartien über, die die Fussungsfläche bilden.

Zahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit, Anteil des Markes in % der Hornsubstanz

Als Mass für die Qualität und somit für die Widerstandsfähigkeit des Horns gilt nach DIETZ, GAENGEL und KOCH (1971), FUCHS (1976), KASTNER (1976) sowie DIETZ und PRIETZ (1981) die Zahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit. Ein weiteres Kriterium wäre nach KIND (1967) sowie nach DIETZ, GAENGEL und KOCH (1971) auch das Verhältnis der Rindenanteile zu den Markanteilen. Da beim Schaf ähnlich wie beim Schwein (GEYER, 1980) die Röhrchenrinden nicht gegen das Zwischenröhrchenhorn abzugrenzen sind, wurde nur der prozentuale Anteil der Marksubstanz an der gesamten Hornsubstanz durch Punktzählung mit der Strichplatte nach WEIBEL bestimmt, und als Vergleich herangezogen.

Für die Erhebung dieser Befunde wurden die lateralen Klauen der linken hinteren Gliedmasse von 10 Schafen der Rasse Weisses Alpenschaf gewählt. Die Schnitte wurden an den unten beschriebenen, definierten Stellen im Hornschuh senkrecht zum Röhrchenverlauf angelegt, und daran die Röhrchen pro Flächeneinheit und der Markanteil des Horns ausgezählt.

Für den Rückenteil der Hornwand wurden die Schnitte genau in halber Höhe des Klauenschuhs entnommen. Die Zählung begann am Scheitelpunkt der Rückenkrümmung und ging gegen abaxial, wobei über die ganze Dicke des Kronhorns gezählt wurde.

Die Schnittebene im flachen Ballenteil wurde unmittelbar vor dem Ballenwulst angelegt, bei der Auszählung wurde die gesamte Querschnittfläche erfasst.

Zur Bestimmung der Befunde im Trachtenteil der Hornwand und im lateralen Ballenteil wurde 1 Schnitt durch die Ballen-Wandgrenze genau auf halber Höhe der abaxialen Seitenfläche gelegt. Dabei wurde das seitliche Ballensegment unmittelbar plantar der Ballen-Wandgrenze über den gesamten Querschnitt erfasst. Der Trachtenteil der Hornwand hingegen wurde ebenfalls über den gesamten Querschnitt, direkt unter dem plantaren Rand des Saumhorns ausgezählt, wo das Kronhorn vor seinem plantaren Rand noch seine maximale Ausdehnung hat.

Die Ergebnisse dieser beiden Auszählungsmethoden sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1

Zahl der Hornröhrchen pro mm² Querschnittfläche und Anteil des Markes in % der Hornsubstanz der Schafklaue. Es wurden Proben der lateralen Klauen der linken hinteren Gliedmasse von 10 Schafen ausgezählt. $\bar{x}$ = Mittelwert, s = Standardabweichung.

Entnahmestellen	Zahl der Röhrchen pro mm ²		ausgezählte Fläche in mm ² pro Tier	Anteil der Marksubstanz in % des Gesamthorns	
	$\bar{x}$	s		$\bar{x}$	s
Gesamte Hornschicht am Klauenrücken	99	19	1	1.76	0.47
Gesamte Hornschicht im Trachtenbereich	85	10	1	1.67	0.57
Gesamte Hornschicht im seitl. Ballen, plantar der abaxialen Ballen-Wandgrenze	68	18	1	1.48	0.45
Gesamte Hornschicht im flachen Ballenteil vor dem Ballenwulst	41	7	4	0.95	0.28

4. DISKUSSION

4.1. Makroskopische Befunde

Subcutis

An der Schafklaue bildet die Subcutis im Bereich des flachen und plantaren Ballenteiles einen 10 mm dicken und von der plantaren Fussungsfläche weit nach proximal hochgezogenen Ballenwulst. Dieses Ballenpolster flacht sich auf der Fussungsfläche gegen den Sohlenbereich ohne Uebergang langsam und regelmässig ab, um schliesslich an der Klauenspitze ganz zu verschwinden.

Beim Rind ist das subcutane Ballenpolster nach WILKENS (1964) etwa 15 mm dick; dies ist aber im Verhältnis zur Klauengrösse recht dünn. Auch zeigt sich hier verglichen mit dem Schaf ein verhältnismässig wenig prominenter Ballenwulst, der sich nur wenig von der Fussungsfläche nach proximal hochzieht. Das Ballenpolster flacht sich auf der Fussungsfläche nach distal zur Klauenspitze hin ähnlich dem Schaf allmählich und regelmässig ab.

Der Ballenwulst des Schweines ist nach GEYER (1979) etwa 5 mm dick und wölbt sich stark nach distal vor. Gegen das Sohlensegment endet der Ballenwulst des Schweines abrupt. Da im Sohlensegment keine Subcutis vorhanden ist, kann beim Betrachten der Lederhaut aufgrund der Wölbung der Ballensubcutis beim Schwein, im Gegensatz zum Rind und zum Schaf, ein Sohlensegment vom Ballensegment eindeutig abgegrenzt werden.

Corium

Der Papillarkörper des Wandsegmentes besteht beim Schaf, ähnlich wie bei Rind und Schwein, aus glatten Primärblättchen (Abb. 2/e). In den übrigen Segmenten der Schafklaue ist der Papillarkörper zottenförmig (Abb. 2).

Als Besonderheit soll erwähnt werden, dass das Corium des Saumsegmentes und des Kronsegmentes beim Schaf durch

eine feine Linie getrennt sind, die von der abrupten Längenänderung der Lederhautzotten vom Saum- ins Kronsegment herrührt (Abb. 2/d; 3/g,m).

Beim Schwein ist dies nach GEYER (1979) ähnlich. Hingegen sind beim Rind diese beiden Segmente durch einen deutlichen Falz im Corium getrennt, der nach distal als Grat endet (WILKENS 1964).

Epidermis

Der Hornschuh ist beim Schaf viel schmaler als beim Rind und beim Schwein. Der Klauenrücken des Schafes ist in der Richtung von axial nach abaxial stärker gekrümmt als bei Rind und Schwein. Auch die Fussungsfläche der Schafklaue erscheint lang und sehr schmal.

Die Seitenflächen der Hornwand gehen beim Schaf ohne deutliche Grenze allmählich in den seitlichen Ballen über (Abb. 1/i; 14-15). Das plantare Ballenhorn ist sehr stark hervorgewölbt und von der Fussungsfläche weit nach proximal hochgezogen (Abb. 1/e). An diesen Ballenwulst (Abb. 1/e', n'), der nach distal und apikal weniger weit reicht als das Ballenpolster der Subcutis, schliessen sich apikal der flache Ballenteil (Abb. 1/g,o) und die Sohle (Abb. 1/h,p) an.

Nach HABERMEHL (1984) ist ein Sohlenbezirk beim Schaf nur schwer zu erkennen. Bei der Ziege fand HABERMEHL einen kleinen Bezirk, der als Sohle angesprochen werden kann. Als Sohle (Abb. 1/h,p) der Schafklaue wurde in der vorliegenden Arbeit der Bereich angesprochen, der apikal einer Verbindungslinie (Abb. 1/s) liegt, die vom axialen zu abaxialen plantaren Ende der weissen Linie gelegt wird. An Epidermis und Corium konnten jedoch keine morphologischen Unterschiede zwischen dem Sohlensegment und dem flachen Teil des Ballensegmentes festgestellt werden.

Beim Rind ist der plantare Ballenwulst der Epidermis relativ schwach aufgewölbt und zieht sich nur wenig proximal von der Fussungsfläche hinauf. Gegen distal an den Ballenwulst schliesst sich der ebene, apikale Ballenteil an. WILKENS (1964) bezeichnet nur einen schmalen Stréifen als Sohle; diese ist etwa gleich breit wie die Linea alba, erstreckt sich entlang des gesamten Tragrandes, kann aber makroskopisch nicht vom apikalen Ballenteil unterschieden werden.

Beim Schwein erfolgt der Uebergang der Hornwand zum seitlichen Ballen sehr plötzlich und ist daher gut zu erkennen (GEYER 1979). Es besteht eine klare Trennung zwischen Wand und Ballenhorn. Im Bereich dieser Ballen-Wandgrenze kommt es häufig zu Rissen in der Klauenepidermis. Der plantare Ballenwulst ist beim Schwein deutlich ausgebildet und zieht aber von der Fussungsfläche nur wenig nach proximal hinauf. Zur Klauenspitze hin endet der Ballenwulst abrupt und bildet so auf der Fussungsfläche eine klare Trennung zwischen Ballen- und Sohlensegment. Zusätzlich ist diese Grenze palpatorisch eindeutig festzulegen, da das Sohlenhorn viel härter ist als das Ballenhorn.

4.2. Mikroskopische Befunde

Zellen der weichen Epidermis

Nach der Beobachtung von WILKENS (1964) und GEYER (1980) entsteht hartes und widerstandsfähiges Klauenhorn ohne Zwischenschaltung eines Stratum granulosum. Weiches Horn hingegen entsteht über ein Stratum granulosum.

An der Klaue des Schafes findet man ein Stratum granulosum im Saum- (Abb. 3/h) Ballen- (Abb. 14-15/d) und Sohlensegment (Abb. 17/d). Es reicht distal von der Sohle in einer geschlossenen Schicht bis in die Epidermis der Terminallagen hinein, wo es beim Uebergang zum Wandsegment verschwindet (Abb. 12/e; 21/e).

Beim Rind ist nach WILKENS (1964) ein Stratum granulosum

im Saumsegment und im plantaren Bereich des Ballensegmentes vorhanden. Im harten apikalen Ballensegment und in der harten Sohle hingegen fehlt stets ein Stratum granulosum. Nur vereinzelt treten hier Zellen mit Keratohyalin granula auf.

Nach eigenen Beobachtungen kann in der besonders harten Sohle des Pferdehufes kein Stratum granulosum nachgewiesen werden. Im Strahl ist eine dünne, jedoch nicht geschlossene Schicht sichtbar.

GEYER (1980) beschreibt beim Schwein, dass im Bereich der Ballenspitze die Epidermis ohne Stratum granulosum verhornt, dieses aber in der Regel im plantaren und seitlichen Ballensegment nachzuweisen ist. Die ziemlich harte Sohlenepidermis verhornt beim Schwein ohne ein Stratum granulosum.

Zellen der harten Epidermis

Das Stratum corneum ist in den meisten Klauenbezirken als Röhrchenhorn ausgebildet, das aus den Zellen des Zwischenröhrchenhorns und den Hornröhrchen besteht (Abb. 6; 9-10; 18).

Die Querschnitte der Zellen des Zwischenröhrchenhorns erscheinen beim Schaf im Ballenhorn rund bis leicht oval und im Saum- und Kronhorn flach-oval (Abb. 6/a,b). Ihre dreidimensionale Form wird daher auch beim Schaf ähnlich wie es WILKENS (1964) für das Rind und GEYER (1980) für das Schwein beobachtet haben, auch pfannkuchenförmig flach-oval sein.

Hornröhrchen

Die Hornröhrchen bestehen aus dem zentralen Mark und der umgebenden Rinde. Diese Rinde geht in Uebereinstimmung mit den Befunden von KEPLER (1966), ähnlich wie beim Rind (WILKENS 1964) und beim Schwein (GEYER 1980) ohne Grenze allmählich in das Zwischenröhrchenhorn über.

KEPLER (1966) verglich grobe histologische Merkmale der Klauen und des Haarkleides verschiedener Schafrassen untereinander. Sie fand dabei, dass sich im Kronhorn der Markanteil der Hornröhrchen gut von der Rinde abhebt, die Rinde aber ohne deutliche Abgrenzung ins Zwischenröhrchenhorn übergeht. Im mittleren Drittel des Kronhornquerschnittes fand sie die grössten Röhrchen, deren Durchmesser mehr oder weniger rundlich waren. Das äussere Drittel besass ovale bis stark spindelförmige Röhrchenquerschnitte. Im Saumhorn konnte sie keine Röhrchen erkennen. Bezüglich der Röhrchenstruktur des Ballenhorns machte sie keine Angaben.

BRUHNKE (1931) beschrieb die Hornwand des Schafes im Vergleich zu anderen Klauentieren und zu Hufttieren. Im Kronhornquerschnitt des Schafes beschrieb er die Gestalt der Hornröhrchen. In der inneren Hälfte des Kronhornquerschnittes erkannte er im Mark noch Zellen. Die Rindenschicht konnte auch BRUHNKE schlecht gegen das Zwischenröhrchenhorn abgrenzen. Der Querschnitt der Röhrchen war nach seinen Untersuchungen parallel zur Oberfläche der Hornwand abgeflacht, wobei er im äusseren Drittel der Hornwand eine ausgesprochene Spindelform besass. Im Saumhorn fand BRUHNKE keine Röhrchenstrukturen. Das Ballenhorn war nicht Gegenstand seiner Untersuchungen.

Im folgenden werden die eingehenden Beschreibungen der Röhrchenstrukturen der Rinderklaue von WILKENS (1964) und der Schweineklaue von GEYER (1980) als Vergleichsbasis herangezogen.

Nach WILKENS (1964) besteht die Wand der Klauenröhrchen des Rindes aus pfannkuchenförmigen, stark abgeflachten Epithelzellen, die schalenartig um das axial gelegene Mark angeordnet sind und dabei in distaler Verlaufsrichtung des Klauenröhrchens mehr oder weniger steil gegen die Röhrchenachse hin geneigt sind. Der Neigungswinkel der Rindenzellen hängt von der Dicke der zugehörigen Lederhautpapille ab. Die räumliche Anordnung der Rindenzellen

ist nach WILKENS vergleichbar mit der Anordnung der Schuppen eines Tannenzapfens, wobei die freie Spitze des Tannenzapfens dem proximalen Teil des Röhrchens entspricht. Die Schuppen dieses Zapfens sind in ihrer Form den Zellen der Röhrchenrinde sehr ähnlich, stark abgeplattet und schalenartig gebogen und um eine Spindel angeordnet, die dem Röhrchenmark entspricht.

GEYER (1980) beschrieb, dass die Hornröhrchenstruktur beim Schwein, ähnlich wie beim Rind (WILKENS, 1964), ebenfalls einem Tannenzapfen gleiche. Auch beim Schwein sind die Zellen der Röhrchenrinde schalenartig um das Mark angeordnet und sind nach distal ebenfalls schräg gegen das Mark hin geneigt. Eine exakte Abgrenzung der Rinde zum Zwischenröhrchenhorn ist wie beim Rind auch beim Schwein nicht möglich. Das Röhrchenmark im Horn der Schweineklaue besteht nach GEYER aus zerfallenden und zerfallenen Zellen, die sich mit der Alcianblau-PAS-Reaktion intensiv rot anfärben lassen. Die Zellgrenzen sind im Mark nur undeutlich oder meist gar nicht zu erkennen. Oft sind darin auch bereits kleine Hohlräume zu sehen. Eine Tannenzapfenstruktur der Hornröhrchen wie sie von GEYER (1980) für das Schwein und von WILKENS (1964) für das Rind beschrieben wurde, ist beim Schaf weder im Kronsegment noch im Saum-, Ballen- oder Sohlensegment nachgewiesen worden. In den Röhrchen all dieser Segmente erscheinen die Rindenzellen flach und schalenartig um das Mark gelegt (Abb. 5/d; 9/c; 18/b). Die Rindenzellen lassen aber keine Neigung gegen das Mark erkennen, sondern liegen parallel zur Röhrchenachse dem Mark an (Abb. 6/d).

Das Kronhorn zeigt beim Schaf strukturelle Unterschiede in den verschiedenen Zonen:

In der Innenzone sind Hornröhrchen sichtbar, die, wie auch BRUHNKE (1931) feststellte, ein Mark aus leicht PAS-positiv reagierenden Markzellen besitzen (Abb. 9/b). Im Längsschnitt sind diese Markzellen zu Zellsträngen aus eng aneinanderliegenden, parallel zur Achsenrichtung der

Röhrchen sehr stark abgeflachten Zellen zusammengeschlossen, deren Kerne dunkelblau gefärbt sind und eine mehr oder weniger schmale Spindelform besitzen. In der Mittel- und der Aussenzone besitzen die Hornröhrchen einen Markraum, der mit stark PAS-positivem Zelldetritus gefüllt ist (Abb. 10/b). Die Röhrchenrinde ist in allen Zonen nur schwer anzusprechen. Sie kann im Längsschnitt mit ihren flach anliegenden Zellen zwar gut von den Markräumen und den kernhaltigen Markzellen abgegrenzt werden, ist aber, da sie weder besondere Anordnung noch besondere Färbbarkeit besitzt, nicht von den Zwischenröhrchenhornzellen zu unterscheiden.

Im Querschnitt ist an den Kronhornröhrchen eine zwiebel-schalenartige Umkleidung des Markes festzustellen, die aus mehreren Schichten flacher Hornzellen besteht, und eindeutig als Röhrchenrinde angesprochen werden kann (Abb. 9/c). Aber auch hier ist eine deutliche Grenze zum Zwischenröhrchenhorn nicht zu erkennen. In den oberflächlichen Schichten der Hornwand sind die Hornröhrchen, wie es auch BRUHNKE (1931) und KEPLER (1966) beobachteten, parallel zur Oberfläche der Hornwand stark abgeflacht (Abb. 10/b). Die Zellgrenzen der stark abgeflachten Rinden-zellen dieser Hornröhrchen sind hier kaum mehr sichtbar.

Der Aufbau der Hornröhrchen im Saum-, Ballen- und Sohlen-segment entspricht weitgehend demjenigen im Kronsegment. Allerdings besitzen hier fast alle Röhrchen ein Mark, das aus intakten Zellen besteht (Abb. 5/c; 18/a), deren Zytoplasma leicht PAS-positiv reagiert und einen grossen, dunkelblauen Zellkern beinhaltet. Nur bei wenigen Schnitten sind in einer geringen, gleichmässig auf der Schnittfläche verteilten Anzahl Hornröhrchen Markräume sichtbar, die mit stark PAS-positivem Zelldetritus gefüllt sind.

Die Zellen der innersten 2-3 Lagen der Röhrchenrinde im Saum-, Ballen- und Sohlensegment sind im Vergleich zu jenem im Kronsegment nur leicht abgeflacht (Abb. 5/d 18/b). Die

Röhrchenrinden sind in diesen drei Segmenten weniger gut zu erkennen als im Kronhorn. Dies ist nebst der geringen Abflachung der Rindenzellen auch dadurch bedingt, dass die Zellen des Zwischenröhrchenhorns im Ballen und im Saumhorn weniger straff geschichtet sind als im Kronsegment.

Die leicht PAS-positive Reaktion der abgrenzbaren Markzellen in den Röhrchen des Saum-, Kron-, Ballen- und Sohlensegmentes, lässt auf einen schon vorhandenen degenerativen Prozess in deren Zytoplasma schliessen.

GEYER (1980) und WILKENS (1964) zufolge besteht, im Gegensatz zum Schaf, beim Schwein und beim Rind nicht nur das Mark fast aller Kronhornröhrchen sondern auch das Mark des grössten Teils der Saumhorn- und der Ballenhornröhrchen aus einem Markraum, der mit stark PAS-positivem Zelldetritus gefüllt ist.

Wandsegment

In der Epidermis des Wandsegmentes findet man über dem freien Rand der Lederhautblättchen das Kappenhorn. Verglichen mit dem Schwein (GEYER 1980) und vor allem mit dem Rind (BRUHNKE 1931, DIRKS 1985) kommt beim Schaf verhältnismässig nur sehr wenig Kappenhorn vor.

Die Rückenhöhe (= Abmessung von der Basis zum freien Rand) der Lederhautblättchen nimmt etwa ab Mitte des Wandsegmentes nach distal immer mehr ab. Sind am distalen Ende der Lederhautblättchen alle Terminalzotten gebildet, so ist die Höhe der Terminalzottenreihen einschliesslich der geringen Kappenhornschicht bereits 20% niedriger als die ursprüngliche Höhe der Lederhautblättchen weiter proximal in der Mitte des Wandsegmentes (Abb. 11-12). Die nach distal zunehmende Schlängelung der Hornblättchen (Abb. 12/g) dürfte mit der Verkürzung der Lederhautblättchen in Zusammenhang stehen, und ist wahrscheinlich die Folge eines Platzmangels. Die radiäre Ausdehnung des

Terminallagenhorns von zentral nach peripher (= Höhe) beträgt ganz distal sogar nur noch 50 bis 75% der Rücken- höhe der Lederhautblättchen in der proximalen Hälfte des Wandsegmentes (Abb. 13). Dementsprechend sind distal die Terminallagen bizarr deformiert und die dazwischenliegenden Hornblättchen sehr stark gestaucht und geschlängelt (Abb. 13/b-c).

In der Literatur konnten bezüglich dieser Beobachtung weder beim Schaf (KEPLER 1966, BRUHNKE 1931) noch beim Schwein (KASTNER 1976, GEYER 1980) oder beim Rind (BRUHNKE 1931, WILKENS 1964) vergleichbare Beschreibungen gefunden werden.

Nach eigenen Beobachtungen an einigen histologischen Präparaten von Pferd, Rind und Schwein, sind die Terminal- lagen bei diesen Tierarten meist gerade gestreckt oder nur in einem weit geringeren Masse s-förmig gelegt als beim Schaf. Die Hornblättchen sind ebenfalls meist grad- linig gestreckt, und nur in wenigen Fällen unmittelbar vor ihrem freien Ende leicht geschlängelt.

Ballen- und Sohlensegment

Wie bereits beschrieben, ist beim Schwein (GEYER 1979 und 1980) schon makroskopisch ein Sohlen- und ein Ballensegment zu unterscheiden. Histologisch ist das Sohlenhorn, ähnlich wie das Kronhorn, schlecht anfärbbar. Im Gegensatz dazu ist das Ballenhorn intensiver angefärbt und zeigt eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Saumhorn.

Nach WILKENS (1964) wird beim Rind der überwiegende Teil der Fussungsfläche des Klauenschuhs von der Ballenepidermis gebildet. Das schmale epidermale Sohlensegment ist nur etwa gleich breit wie die Linea alba, und erstreckt sich entlang des gesamten Tragrandes. Die Röhrchen der Sohlen- epidermis sind in Reihen angeordnet, da deren Papillen dem freien Rand von Leisten der Sohlenlederhaut aufsitzen. Durch diese Anordnung hat die Sohle mikroskopisch ein

streifiges Aussehen, das sich in die Ballenepidermis hinein verliert, und das bei ungepflegten Klauen besonders gut zu erkennen ist (WILKENS 1964).

Spezielle Angaben über Färbungseigenschaften von Sohlen- und Ballenhorn bei der Alcianblau-PAS-Reaktion oder bei der HE-Färbung konnte weder bei WILKENS (1964) für das Rind, noch bei anderen Autoren für das Rind oder das Schaf gefunden werden.

KEPLER (1966) konnte über das Ballensegment des Schafes nur wenige Befunde erheben, da ihr solches Material nur in geringen Mengen zur Verfügung stand. Bezüglich Ballen und Sohle zitierte sie "andere Autoren", die eine grosse Ähnlichkeit zwischen der Sohle und dem Ballen sehen, und meinen, dass ein grosser Teil der Sohle zur Klauenspitze hin vom Ballen verdrängt wird.

Nach eigenen Untersuchungen besteht das Horn der ganzen Fussungsfläche der Schafklaue aus einem gleichartigen, relativ weichen Horn (Abb. 1), an dem weder makroskopisch noch mikroskopisch Ballen- und Sohlensegment voneinander unterschieden werden können. Das Stratum granulosum ist durchgehend ausgebildet und reicht bis zu den Terminallagen des Wandsegmentes (Abb. 12/e; 17/d; 19/c; 21/e). Als Grenze zwischen dem Ballen- und Sohlensegment wurde daher eine Linie angenommen, die die plantaren Enden der axialen und abaxialen Wand miteinander verbindet (Abb. 1/s).

Ballen-Wandgrenze

Beim Schwein besitzt die Seitenfläche der Hornwand axial und abaxial gegen das plantar anschliessende Ballensegment einen deutlichen Rand, den Margo collateralis plantaris (GEYER 1980). Das Horn der Klauenplatte geht axial und abaxial an der Ballen-Wandgrenze stumpf in diesen Rand aus, und ist dabei abaxial noch eckstrebenähnlich 1-2 mm nach innen eingebogen. Das Ballenhorn grenzt von plan-

tar her ebenfalls am Margo collateralis plantaris stumpf an die Hornplatte an. Dadurch ist die Grenze zwischen Wandsegment und seitlichem Ballensegment gut sichtbar.

Beim Schaf ist im Gegensatz zu den Befunden beim Schwein die Grenze zwischen der seitlichen Hornwand und dem seitlichen Ballensegment als allmählicher Uebergang ausgebildet (Abb. 14-15). Makroskopisch nicht zu erkennen (Abb. 1), ist die Grenze histologisch durch das keilförmig spitz nach plantar auslaufende Kronhorn gekennzeichnet (Abb. 14-15/b). Eine eckstrebenähnliche Einbiegung wie beim Schwein (GEYER 1980) ist nicht vorhanden. Bedeckt wird dieser Kronhornkeil vom Uebergangsbereich des Saumhorns zum Ballenhorn (Abb. 14-15/f; 16/h), der sich von der dünnen Saumhornschicht aus nach plantar erstreckt, immer dicker wird und dann in das Ballenhorn (Abb. 14-15/e; 16/g) übergeht. Histologisch gesehen gibt es keinen Unterschied zwischen dem Saumhorn, dem Uebergangsbereich und dem seitlichen Ballenhorn.

Zahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit, Anteil des Markes in % der Hornsubstanz

Die Zahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit kann nach DIETZ, GAENGEL und KOCH (1971), FUCHS (1976), KASTNER (1976) sowie DIETZ und PRIETZ (1981) als Mass für die Belastbarkeit und Widerstandsfähigkeit des Horns betrachtet werden.

Eigene Untersuchungen beim Schaf (Tabelle 1) ergaben für den Gesamtquerschnitt des Rückenteils der Hornwand einen Mittelwert von 99, und für den Gesamtquerschnitt des Trachtenteils einen von 85 Röhrchen/mm². Diese Werte liegen in derselben Grössenordnung, wie sie von SCHROEDER (1970), DIETZ und PRIETZ (1981) für das Rind, und von KASTNER (1976) und GEYER (1980) für das Schwein angegeben werden. Dass an der Schafklaue der Mittelwert der Zahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit im Rückenteil der

Hornwand grösser ist als im Trachtenteil, hat auch KEPLER (1966) festgestellt.

Im flachen Ballenteil ergab die Auszählung beim Schaf einen Mittelwert von 41 Röhrchen/mm². Dieser Wert ist etwa doppelt so hoch wie GEYER (1980), und 4 mal so hoch wie HAERTEL (1985) und DIERKS-MEYER (1985) im Ballensegment des Schweines feststellten.

SCHROEDER (1970) zählte für das Ballensegment des Rindes 14.9 Röhrchen/mm², was ebenfalls weit unter dem Mittelwert des Schafes liegt.

KEPLER (1966) zählte für das Horn der Fussungsfläche der Schafklaue 56% der Röhrchendichte des Rückenteils oder 72% der Röhrchendichte des Trachtenteils der Hornwand. Mit nur 40% des Rückenteils und nur 50% des Trachtenteils liegen die prozentualen Vergleichszahlen des Ballenmittelwertes in der eigenen Untersuchung um etwa ein Viertel tiefer als die aus den relativen Zahlenwerten von KEPLER (1966) errechneten Prozente.

Ein weiteres Qualitätskriterium des Klauenhorns wäre nach KIND (1967) sowie nach DIETZ, GAENGEL und KOCH (1971) auch das Verhältnis der Rindenanteile zu den Markanteilen. Da hier beim Schaf ähnlich wie beim Schwein (GEYER, 1980) die Zellen der Röhrchenrinde nicht von den Zellen des Zwischenröhrchenhorns zu unterscheiden sind (Abb. 5; 9; 18), wurde der prozentuale Anteil der Marksubstanz an der gesamten Hornsubstanz bestimmt.

Der Mittelwert des Markanteils an der gesamten Hornschicht beträgt beim Schaf im Klauenrücken- wie im Trachtenbereich 1.7% nach GEYER (1980), DIERKS-MEYER (1985) und HAERTEL (1985) liegen die Mittelwerte des prozentualen Markanteils beim Schwein etwas höher, und werden je nach Autor im Klauenrücken mit 2 bis 3.6% und im Trachtenbereich mit 1.8 bis 3.7% angegeben, wobei die Gesamtwerte von DIERKS-MEYER und HAERTEL jeweils aus den Mittelwerten für den äusseren und den inneren Teil des betreffenden Hornwand-

bereiches errechnet wurden. Der prozentuale Markanteil beim Ballensegment beträgt beim Schwein 2.0 bis 3.2%, was wesentlich über dem Mittelwert vom Schaf mit 0.95% liegt.

Wie besonders in dieser letzten Untersuchung beobachtet werden kann, variieren die Auszählungen der einzelnen Autoren zum Teil recht stark. Der Grund dafür kann darin gesucht werden, dass die Proben nicht exakt an den gleichen Stellen und nicht immer in einer einheitlich definierten Weise (senkrechte Lage der Röhrchenachse zur Schnittebene) entnommen wurden. Zusätzlich sollte man auch bedenken, dass die Röhrchenzahl von Tier zu Tier doch in hohem Masse verschieden sein kann, und dass sich im Gebrauch der verschiedenen Auszählmethoden, etwa beim Bewerten von Grenzfällen, doch individuelle Unterschiede ergeben können.

Pathologische Befunde

Die Proben zur Herstellung der histologischen Schnitte wurden ausschliesslich von solchen Vorder- und Hintergliedmassen entnommen, die makroskopisch keine pathologischen Veränderungen zeigten, und an denen die Klauen offensichtlich gut gepflegt wurden. Dennoch traten in fast der Hälfte der histologischen Einzelpräparate und der Schnittserien pathologische Veränderungen in Erscheinung. Am markantesten war dabei das Auftreten von Nekroseherden an den Kontaktflächen des weichen Sohlen- und Ballenhorns sowie des Terminallagenhorns mit der harten Hornwand (Abb. 20/d-e'). Solche Nekrosen traten besonders häufig in Nähe des plantaren oder palmaren Endes des axialen Tragrandteiles auf. Diese Nekroseherde haben stets eine Oeffnung zur Fussungsfläche hin und reichen mitunter bis auf etwa 1 mm an die Lederhaut heran.

Zwischen den Zerfallsbereichen am Terminallagenhorn (Abb. 20/e') bleiben häufig noch die Hornblättchen (Abb. 20/c) bestehen, so dass noch eine gerippeähnliche Verbindung

der Hornwand zu den angrenzenden Gewebenerhalten bleibt. Durch die zerfallenden Hornmassen im Terminallagenbereich entstehen blind endende Hohlräume, die die Hornwand unterminieren. Diese Hohlräume können mit Zelldetritus angefüllt sein oder sie sind nach Ausfallen des Zelldetritus leer (Abb. 20/e). Es ist denkbar, dass diese Hohlräume günstige Umweltbedingungen für Fäulnis- und Infektionserreger darstellen und besonders an ungepflegten Klauen Ausgangspunkt von krankhaften Veränderungen sein können. Als weitere pathologische Befunde treten Bezirke mit grossen, stark PAS-positiv reagierenden Zellen in Erscheinung, die einen dunklen Zellkern enthalten. Im Wandsegment sitzen diese offensichtlich degenerierenden Hornzellen anstelle des Kappenhorns dem freien Rand der Lederhautblättchen auf (Abb. 21/g), haben aber eine weit mächtigere Ausdehnung als das Kappenhorn. Weiter distal im Bereich der Terminalzotten wird dann mehrheitlich ein normales Terminallagenhorn gebildet (Abb. 21/f), so dass peripher davon die veränderten Hornzellen der Kappen sichtbar sind. Meist sind von dieser Erscheinung fast alle Lederhautblättchen der seitlichen Hornwand oder des gesamten Rückenteils betroffen, selten sind es nur einige wenige nebeneinanderliegende Lederhautblättchen. Von proximal nach distal in Serienschnitten verfolgt, können diese Bezirke wieder verschwinden, oder aber bis zum Tragrand weiterziehen.

Weiterhin sind häufig Hornröhrchen zu beobachten, die einen stark vergrösserten Markraum besitzen. Der Markdurchmesser beträgt in diesen Fällen durchwegs ein vielfaches des normalen Querschnittes. Die Hohlräume sind immer mit einer homogenen, stark PAS-positiv reagierenden Masse angefüllt. Diese pathologisch erscheinenden Hornröhrchen sind in allen Segmenten von den tiefen bis zu den oberflächlichen Schichten zu finden.

5. ABBILDUNGEN

Zur Dokumentation einiger Befunde wurden Fotografien von Präparaten hergestellt, die (sofern nicht speziell bezeichnet) aus den lateralen Klauen der Hintergliedmassen von Schafen stammen, die etwa dreivierteljährig waren.



Abb. 1 Klauen der rechten Hintergliedmasse eines Schafes. Ansicht von medial und etwas von plantar.

Mediale Klaue: a behaarte Haut; b - d abaxiale Hornwand: b Rückenteil, c Seitenteil, d Trachtenteil der Hornwand; e - g Ballenhorn: e plantares Ballenhorn mit Ballenwulst (e'), f abaxiales seitliches und g flaches Ballenhorn; h Sohlenhorn; i Ballen-Wand-Grenze, die hier nur durch eine zufällige Pigmenteinlagerung im Ballenhorn sichtbar geworden ist; k abaxialer Tragrand; l axialer Tragrand;

Laterale Klaue: m Seitenteil der axialen Hornwand; n - o Ballenhorn: n plantares Ballenhorn mit Ballenwulst (n'), o flaches Ballenhorn; p Sohlenhorn, q abaxialer Tragrand; r axialer Tragrand; s Trennungslinie zwischen flachem Ballenteil und Sohlensegment.



Abb. 2 Klauenlederhaut der rechten Vordergliedmasse eines Schafes. Ansicht von medial und etwas von palmar.

Mediale Klaue: a behaarte Haut; b abaxiales Saumsegment; c abaxiales Kronsegment; d Trennungslinie zwischen Saum- und Kronsegment; e abaxiales Wandsegment mit Lederhautblättchen; f - h Ballensegment: f plantarer Ballenteil, g abaxialer seitlicher Ballenteil, h flacher Ballenteil; i Sohlensegment;

Laterale Klaue: k axiales Wandsegment; l plantarer Ballenteil; m flacher Ballenteil; n Sohlensegment.



Abb. 3 Längsschnitt durch Haut, Saum- und Kronsegment im Seitenteil der Hornwand eines Schafes. Alcianblau-PAS-Reaktion.

a - d behaarte Haut: a Corium mit b seinen Papillen, c Talgdrüsen, d Stratum corneum; e - k Saumsegment: e Corium mit f seinen Zotten, g Stratum spinosum, h Stratum granulosum, i Stratum corneum des Saumsegmentes, das nach distal in der Schichtdicke stetig abnimmt und meist bis über die Mitte der Hornwand hinunterreicht, k Saumhornröhrchen im Längsschnitt; l - p Kronsegment: l Corium mit m seinen Zotten, n Stratum spinosum, o Stratum corneum mit p Kronröhrchen im Längsschnitt.

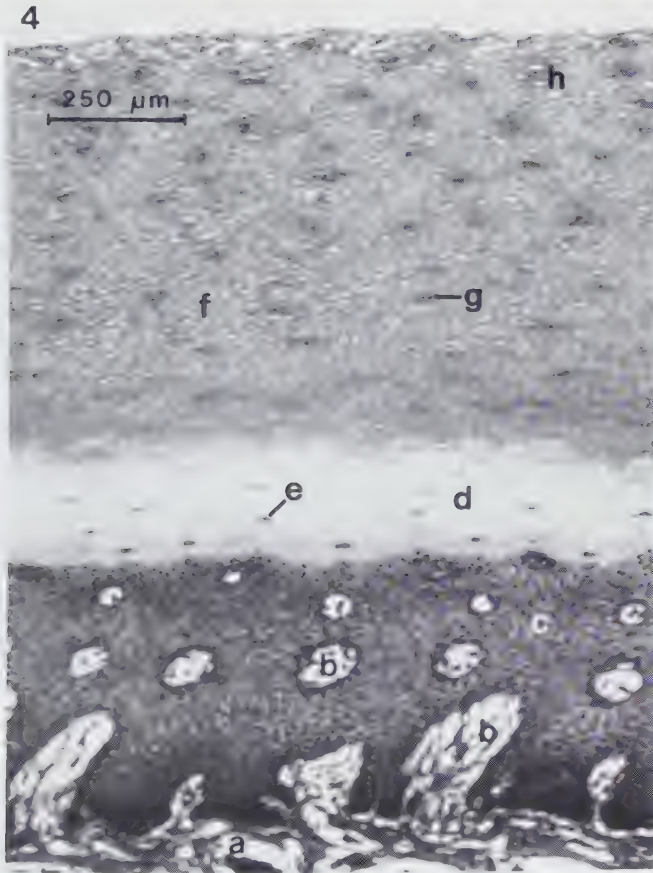


Abb. 4 Querschnitt durch das Kronsegment und das aussen anliegende Saumhorn eines Schafes. Alcianblau-PAS-Reaktion.

a - e Kronsegment: a Corium mit b seinen Zotten, c Stratum spinosum, d Stratum corneum, e Kronhornröhrchen im Querschnitt; f - h Saumhorn: f Stratum corneum, g Saumhornröhrchen im Querschnitt, h Vakuolenbildung zur Oberfläche des Saumhorns hin.

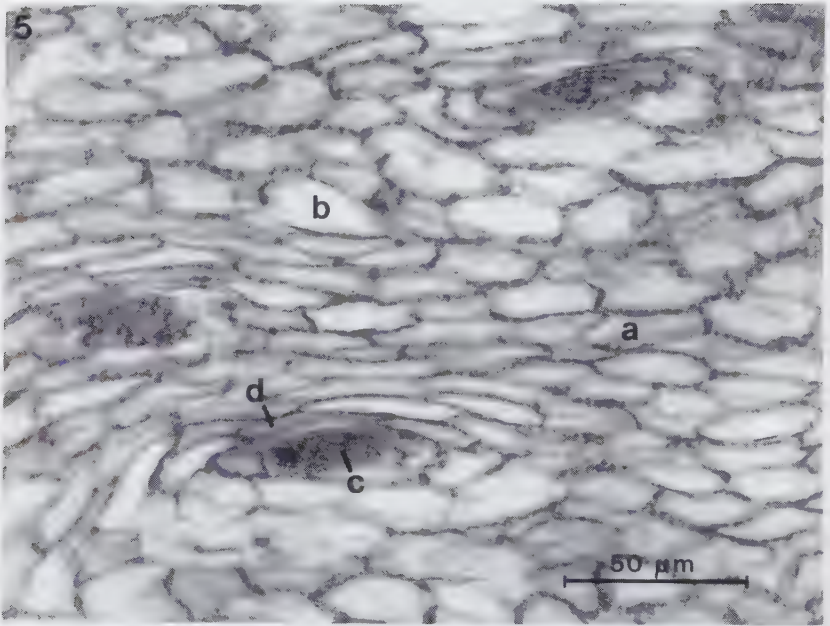


Abb. 5 Querschnitt durch die oberflächlichen Schichten des Saumhorns eines Schafes. Saumhornröhrchen im Querschnitt getroffen. Alcianblau-PAS-Reaktion.

a Zellen des Zwischenröhrchenhorns, b intrazelluläre Vakuolenbildung im Zwischenröhrchenhorn, c tangential zur Oberfläche der Hornwand angeflachtes Röhrchenmark, das aus kernhaltigen Markzellen besteht, d Zellen der Röhrchenrinde, die sich nicht eindeutig vom Zwischenröhrchenhorn abgrenzen lassen.

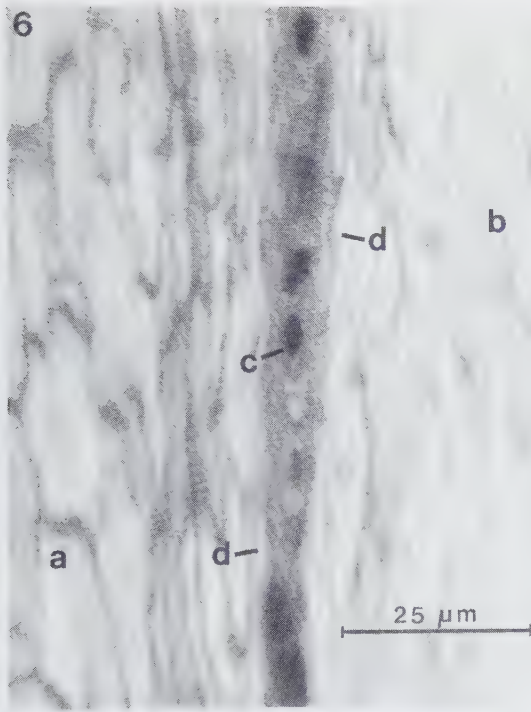


Abb. 6 Längsschnitt durch ein Hornröhrchen aus dem im Grenzbereich des Saumhorns zum Kronhorn eines Schafes. Alcianblau-PAS-Reaktion. a, b Zwischenröhrchenhorn: a des Saumsegmentes und b des Kronsegmentes; c Zellen des Röhrchenmarkes mit grossen, dunkelgefärbten Zellkernen; d Zellen der Röhrchenrinde, die nicht von den Zellen des Zwischenröhrchenhorns zu unterscheiden sind.

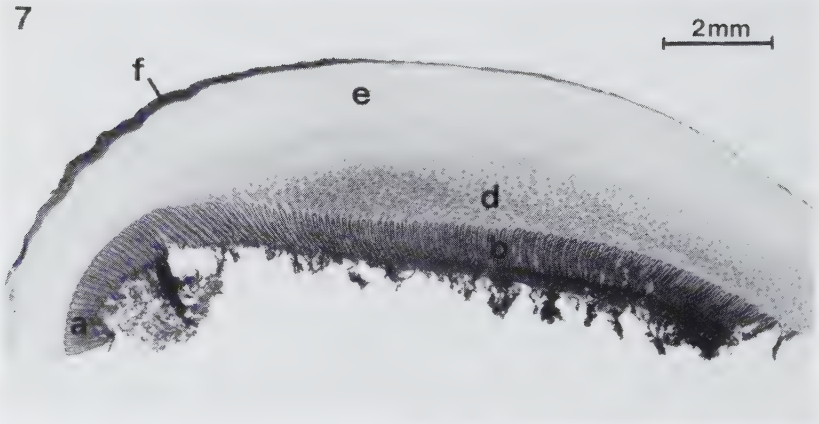
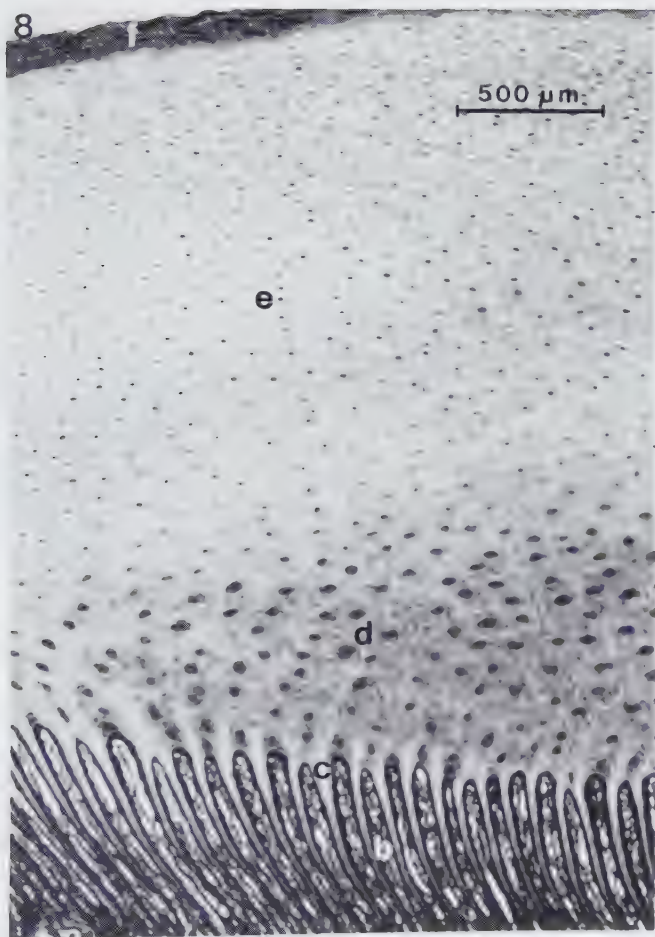


Abb. 7 und Abb. 8 Querschnitt durch den Rücken- und Seitenteil (Abb. 7) und nur durch den Seitenteil (Abb. 8) der Hornwand im proximalen Teil des Wandsegmentes vom Schaf. Alcianblau-PAS-Reaktion. a - c Wandsegment: a, b Lederhautblättchen des Wandsegmentes, die a im Rückenteil etwa senkrecht zur Oberfläche der Hornwand stehen, und b im Seitenteil einen Neigungswinkel von bis zu 30° zu einer Senkrechten durch die Oberfläche der Hornwand nach dorsal oder nach plantar aufweisen können; c Hornblättchen des Wandsegmentes (Abb. 8); d, e Kronhorn: d mit runden Hornröhrchen, e mit tangential zur Oberfläche der Hornwand oval abgeflachten Hornröhrchen; f Saumhorn.



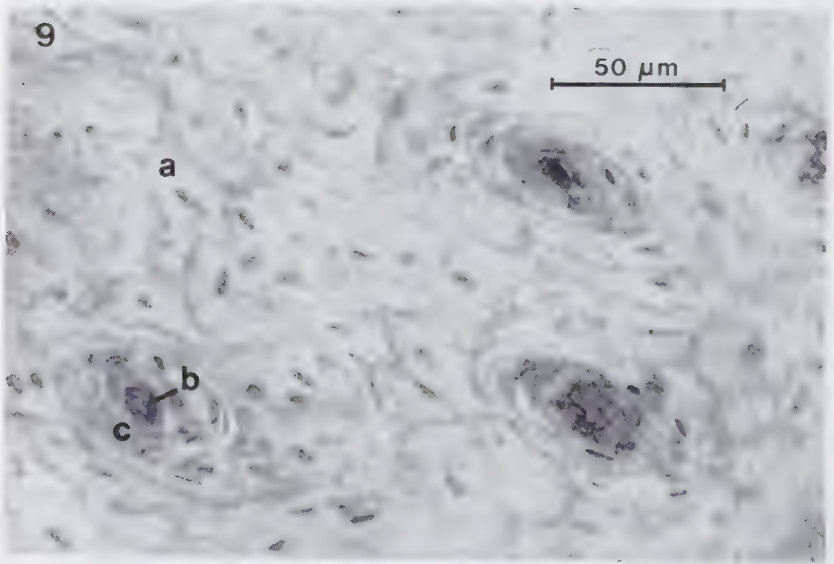


Abb. 9 Querschnitt durch die tiefen Schichten (Innenzone) des Seitenteils der Hornwand eines Schafes. Alcianblau-PAS-Reaktion. a runde bis polygonale Zellen des tiefen Zwischenröhrchenhorns im Kronsegment, Kernreste sind sichtbar; b rundes Röhrchenmark, aufgebaut aus Markzellen mit grossem Kern; c Röhrchenrinde, die zwiebelschalenartig um das Mark angeordnet ist, aber nicht eindeutig vom Zwischenröhrchenhorn abgegrenzt werden kann.

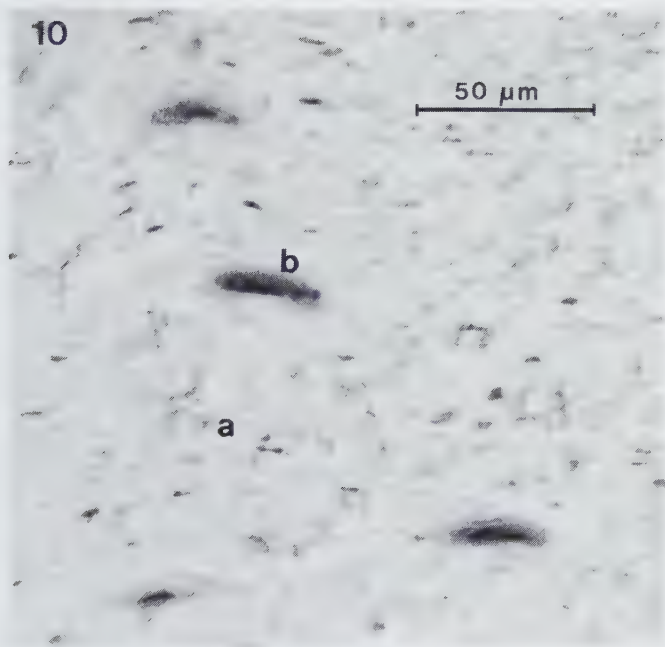


Abb. 10 Querschnitt durch die oberflächlichen Schichten (Aussenzone) des Seitenteils der Hornwand eines Schafes. Alcianblau-PAS-Reaktion.

a oberflächennahes Zwischenröhrchenhorn des Kronsegmentes, dessen einzelne Zellen nicht mehr abgegrenzt werden können; b tangential zur Oberfläche der Hornwand oval abgeflachte Hornröhrchen, deren Markräume mit stark PAS-positiv reagierendem Zelldetritus gefüllt sind; eine Röhrchenrinde ist zum Zwischenröhrchenhorn nicht abgrenzbar.

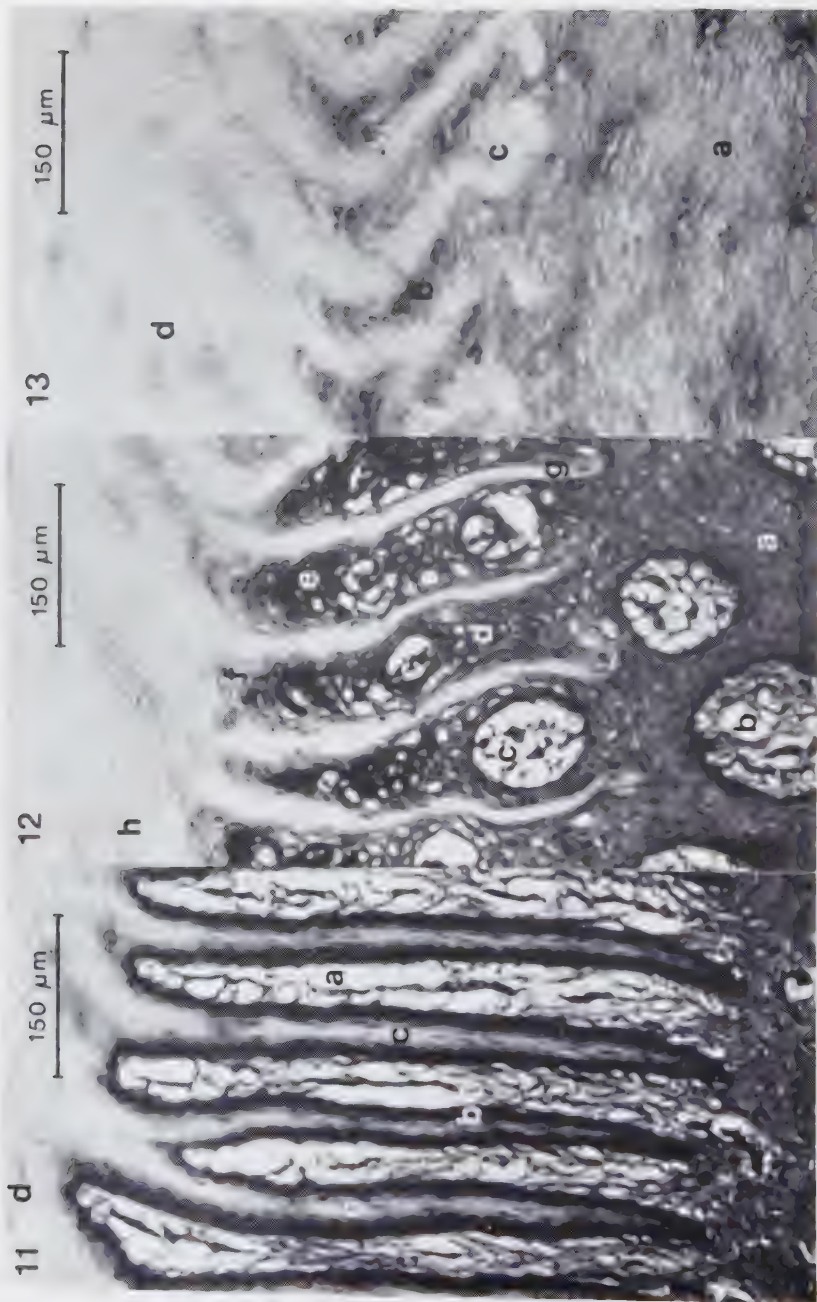


Abb. 11-13 Drei Querschnitte im gleichen Masstab durch das abaxiale seitliche Wandsegment derselben Klaue eines Schafes. Die Lokalisationen sind von proximal nach distal geordnet. Alcianblau-PAS-Reaktion.

11: Querschnitt in halber Höhe des Wandsegmentes: a Corium der Lederhautblättchen; b sehr dünnes Stratum spinosum; c Stratum corneum des Wandsegmentes in Blättchenform; d Kronhorn mit Röhrrchen;

12: Querschnitt durch das Wandsegment im Terminalzottenbereich: a Stratum spinosum und b quergeschnittene Coriumzotten des Sohlensegmentes; c quergeschnittene Terminalzotten am distalen Ende der Lederhautblättchen; d Stratum spinosum und e Stratum granulosum an Terminalzotten; f beginnende Terminalhornbildung, Kappenhorn ist keinessichtbar; g Hornblättchen des Wandsegmentes beginnen sich zu schlängeln; h Kronhorn;

13: Querschnitt durch die Hornwand distal in Nähe des Tragrands: a Stratum corneum des Sohlensegmentes mit quergeschnittenen Hornröhrrchen; b verformtes Terminallagenhorn mit Röhrrchen; c stark geschlängelte und verkürzte Hornblättchen; d Kronhorn mit Hornröhrrchen.

Bemerkung: In dieser Bildfolge ist deutlich zu sehen, dass die Höhe der Terminallagen (Abb. 13) nur noch etwa 50 - 60% der ursprünglichen Höhe der Lederhautblättchen beträgt, die in der Mitte des Wandsegmentes gemessen wurde (Abb. 11).

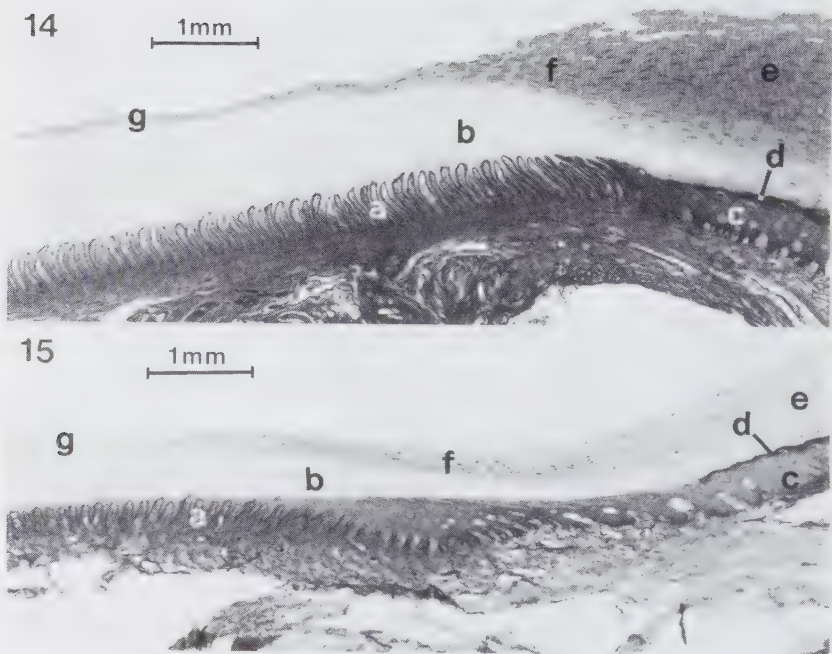


Abb. 14 Querschnitt durch die abaxiale Ballen-Wand-Grenze in der Mitte des Wandsegmentes eines Schafes. Linker Bildteil nach dorsal und rechter Bildteil nach plantar orientiert. Alcianblau-PAS-Reaktion.

Abb. 15 Querschnitt durch die axiale Ballen-Wand-Grenze eines Schafes, wenig distal des Uebergangs vom Kronsegment zum Wandsegment. Linker Bildteil nach dorsal und rechter Bildteil nach plantar orientiert. Alcianblau-PAS-Reaktion.

a, b Trachtenteil des Wandsegmentes: a Lederhautblättchen, b keilförmig nach plantar auslaufendes Kronhorn; c - e Ballensegment: c Lederhautpapillen mit Stratum spinosum, d Stratum granulosum, e Ballenhorn; f Uebergangsbereich vom Ballenhorn zum Saumhorn; g Saumhorn.

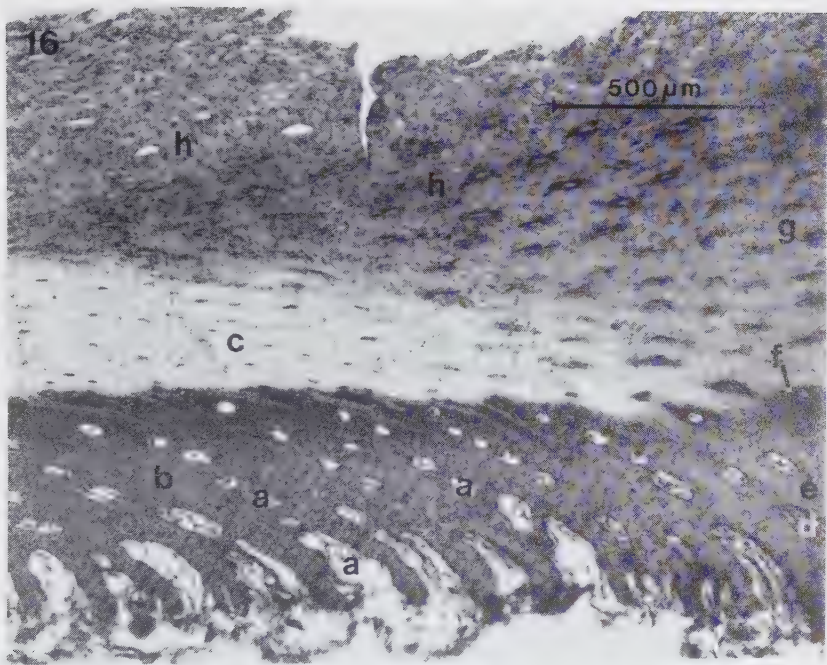


Abb. 16 Querschnitt durch die abaxiale Ballen-Wand-Grenze eines Schafes. Der Schnitt liegt in Höhe des Kronsegmentes, kurz vor dessen Uebergang zum Wandsegment. Linker Bildteil gegen dorsal und rechter Bildteil gegen plantar orientiert. Alcianblau-PAS-Reaktion.

a - c Kronsegment: a Anschnitte von Lederhautzotten, die im distalen Kronsegment in Reihen angeordnet sind, bevor sie quasi "zusammenwachsen" und im Wandsegment die Lederhautblättchen bilden, b Stratum spinosum, c Stratum corneum; d - g seitliches Ballensegment: d Lederhautzotten, e Stratum spinosum, f Stratum granulosum, g Stratum corneum; h Uebergangsbereich des Ballenhorns zum Saumhorn.

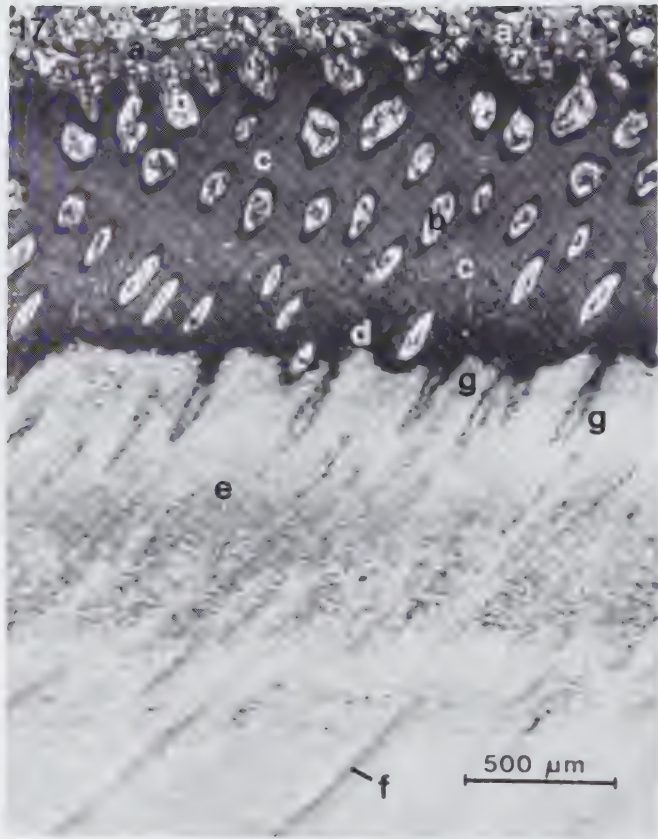


Abb. 17 Längsschnitt durch die Sohlensegment eines Schafes. Linker Bildteil zur Klauenspitze hin orientiert. Alcianblau-PAS-Reaktion. a Corium, b Coriumzotten, c Stratum spinosum, d Stratum granulosum, e Stratum corneum, f Längsschnitt durch die Hornröhrchen, g am Übergang der Coriumzotten zu den Hornröhrchen ist eine geringe Winkeländerung zur Klauenspitze hin feststellbar.

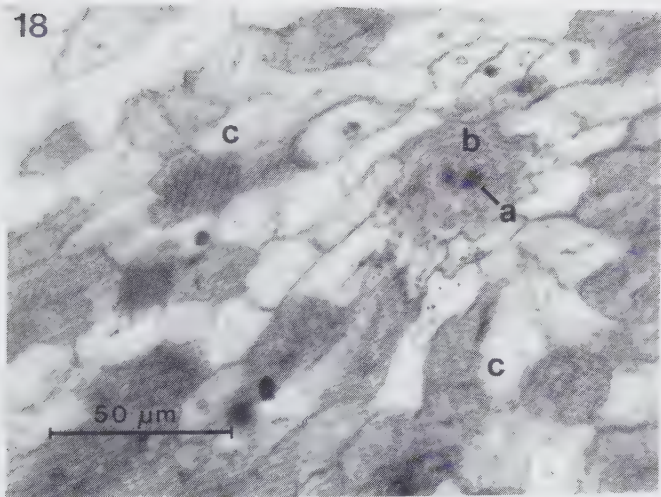


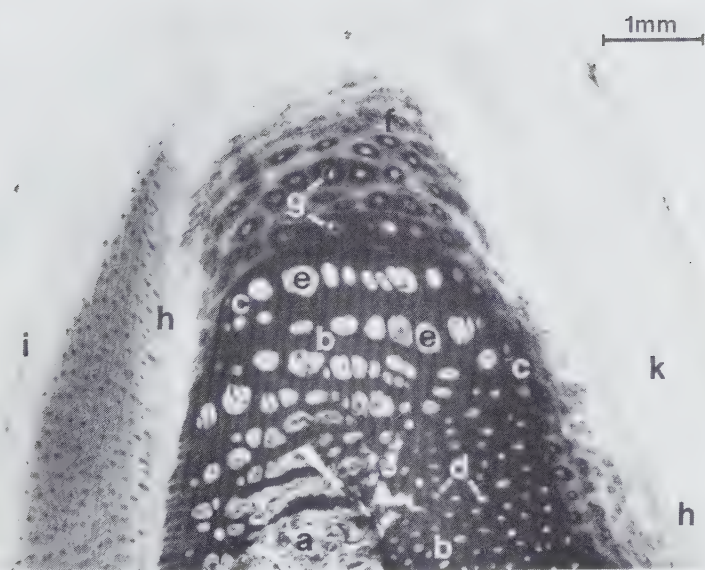
Abb. 18 Querschnitt durch Röhrenchorn aus dem plantaren Teil des Ballensegmentes eines Schafes, Alcianblau-PAS-Reaktion.

a kernhaltige Markzellen der Röhrenchen, b Zellen der Röhrenchenrinde, die sich nicht eindeutig vom Zwischenröhrenchorn abgrenzen lassen, c Zellen des Zwischenröhrenchorns.

Abb. 19 Querschnitt durch die Klauenspitze eines Schafes wenig proximal vom Tragrand. Alcianblau-PAS-Reaktion.

a - g Sohlensegment: a Corium, b Stratum spinosum, c Stratum granulosum, d Coriumzotten mit mittelgrossem Durchmesser, e Coriumzotten mit grösserem Durchmesser in Reihen angeordnet, f Stratum corneum des Sohlensegmentes mit mittelgrossen und g mit grösserem Markdurchmesser der Hornröhrchen; h Terminallagenhorn; i, k Hornwand: i abaxial, k axial.

19



20

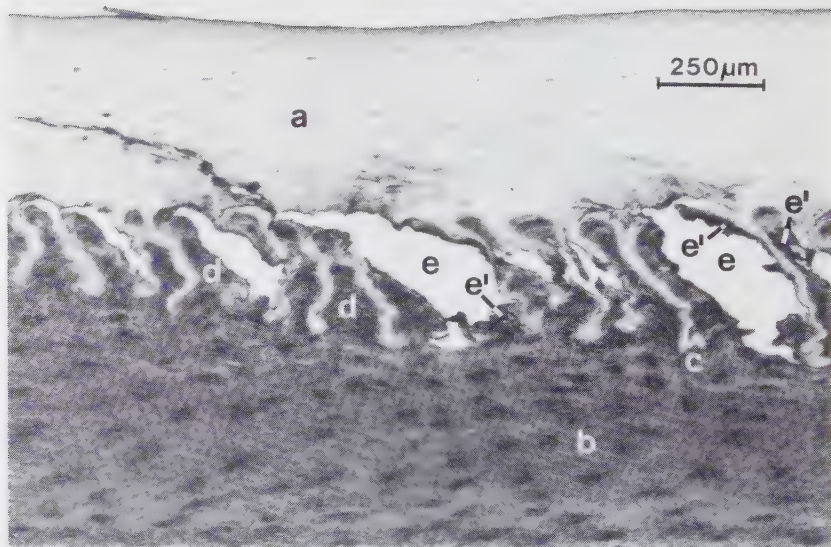


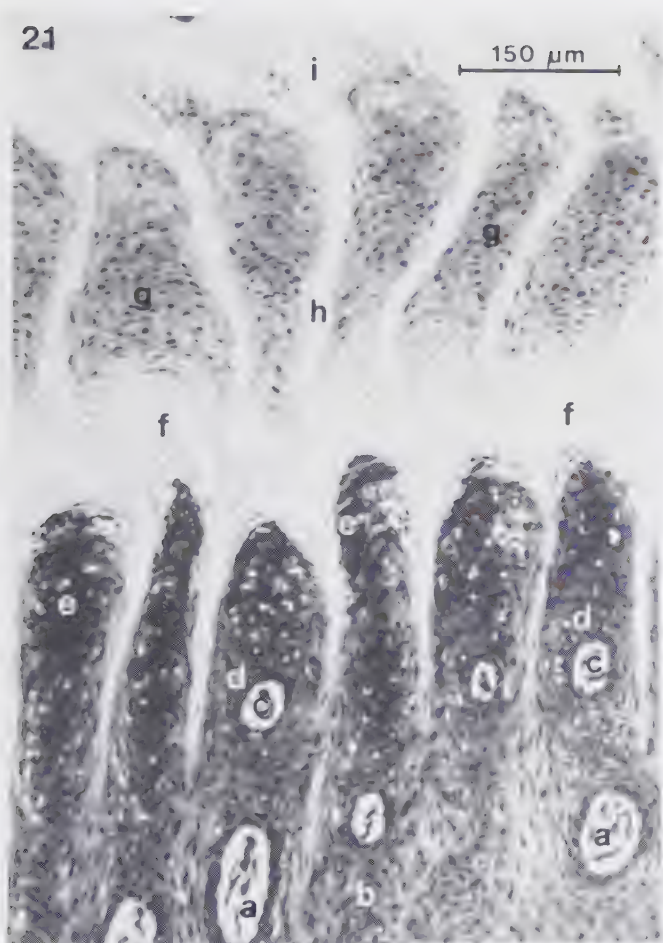
Abb. 20 Querschnitt durch den Seitenteil der axialen Hornwand eines Schafes wenig proximal des Tragrandes. Alcianblau-PAS-Reaktion.

a Kronhorn, b Stratum corneum des Sohlensegmentes, c stark geschlängelte Hornblättchen des Wandsegmentes, d Terminallagenhorn, e Hohlräume neben Nekroseherden (e'), die an den Kontaktflächen des weichen Sohlen- und Terminallagenhorns mit dem harten Kronhorn oder den Hornblättchen entstehen. Die Terminallagen nekrotisieren zuerst, die Hornblättchen sind etwas resistenter.

Abb. 21 Querschnitt durch Terminalzotten und neugebildetes Terminallagenhorn am distalen Ende der Lederhautblättchen eines Schafes. Alcianblau-PAS-Reaktion.

a, b Sohlensegment: a Coriumzotten, b Stratum spinosum; c - f Terminallagen: c Coriumzotten, d Stratum spinosum, e Stratum granulosum, f Stratum corneum; g degenerierende, stark PAS-positive Hornzellen im Bereich des Kappenhorns; h Hornblättchen des Wandsegmentes; i Kronhorn.

21



6. ZUSAMMENFASSUNG

An Extremitäten von 15 Weissen Alpenschafen und 2 Schwarzbraunen Bergschafen wurde der Bau der Klauenepidermis makroskopisch und lichtmikroskopisch untersucht und mit Befunden an den Klauen von Rind und Schwein verglichen.

Im Röhrchenhorn der Schafklaue sind die Markräume eng und die Rindenzellen lassen sich nicht gegen das Zwischenröhrchenhorn abgrenzen. Die Grenze zwischen der Hornwand und dem seitlichen Ballenteil (Ballen-Wandgrenze) ist beim Schaf als allmählicher Uebergang ausgebildet. Im Querschnitt betrachtet läuft das Kronhorn gegen plantar (palmar) spitz aus und wird gleichzeitig von einem nach plantar immer breiter werdenden Uebergangsbereich bedeckt, dessen Hornstruktur histologisch weder vom dorsal anschliessenden Saumhorn noch vom plantar anschliessenden Ballenhorn unterschieden werden kann. An der Fussungsfläche der Schafklaue konnte nur willkürlich eine Grenze zwischen Ballen- und Sohlensegment gezogen werden, da an Epidermis und Corium keine morphologischen Unterschiede zwischen dem flachen Teil des Ballens und dem Sohlensegment nachzuweisen waren.

Die an definierten Stellen der Epidermis ermittelten Röhrchenzahlen pro Flächeneinheit, die u.a. auch als Parameter zur Beurteilung der Hornqualität dienen, werden mit den entsprechenden Werten der Rind- und Schweineklaue verglichen.

Obwohl nur makroskopisch unveränderte Klauen in die Untersuchung einbezogen wurden, konnten nahezu an der Hälfte der histologischen Einzelpräparate und der Schnittserien Zerfallerscheinungen am Horn festgestellt werden, die besonders häufig im plantaren und palmaren Ende des axialen Tragrandes auftraten.

7. LITERATURVERZEICHNIS

- BRUHNKE, J., 1931: Vergleichende Untersuchungen der Hornwandstruktur des Zehenendes bei Huf- und Klautentieren. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 39, 4-10.
- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia), 1979/80: Footrot in Sheep. Annual Report of the Institute of Animal and Food Science, Dickson (Australia). Vol. 1979/80, 105-106.
- DIERKS-MEYER, B.: 1985: Histometrische Untersuchungen, Bestimmung des Wasser- und Aschegehaltes sowie der Klauenhornhärte an Klauenhorn von Mastschweinen bei unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit. Diss. Hannover.
- DIETZ, O., H. GAENGEL und K. KOCH, 1971: Die Erhaltung der Gliedmassen- und Klauengesundheit unter modernen Produktionsbedingungen. Mh. Vet. Med., 26, 241-246.
- DIETZ, O. und G. PRIETZ, 1981: Klauenhornqualität - Klauenhornstatus. Mh. Vet. Med. 36, 419-422.
- DIRKS, C., 1985 : Makroskopische, licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen über den Rückenteil der Rinderklaue. Diss. Freie Universität Berlin.
- EGERTON, J.R., 1981: Footrot. Sheep Refresher Course for Veterinarians. Post Graduate Committee in Vet. Science, Sydney (Australia). Proceedings No. 58, 647-651.
- FUCHS, G., 1976: Aspekte zum Begriff der Grossanlagen-tauglichkeit - Klauengesundheit. Mh. Vet.-Med. 31, 930-935.

- GEYER, H., 1979: Morphologie und Wachstum der Schweineklau. Grundlagen für Stallbodengestaltung und Klauenpathologie. Habilitationsschrift Zürich. Kurzfassung: Schweiz. Arch. Tierheilk. 121, 275-293.
- GEYER, H., 1980: Zur Mikroskopischen Anatomie der Epidermis an der Schweineklau. Zbl. Vet. Med. C 9, 337-360.
- GEYER, H., 1984: Histochemische Untersuchungen an der Klauenepidermis des Schweines. Zbl. Vet. Med. C 13, 120-140.
- GEYER, H., J. POHLENZ und L. VOELKER, 1981: Morphologische und histochemische Untersuchungen von Haut, Schleimhäuten und Klauen bei Schweinen mit experimentellem Biotinmangel. Zbl. Vet. Med. A 28, 574-592.
- GEYER, H., J. SCHULZE, K. STREIFF, F. TAGWERKER und L. VOELKER, 1984: Der Einfluss des experimentellen Biotinmangels auf Morphologie und Histochemie von Haut und Klauen des Schweines. Zbl. Vet. Med. A 31, 519-538.
- HABERMEHL, K.-H., 1984: Haut und Hautorgane. In NICKEL, R., A. SCHUMMER und E. SEIFERLE: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Bd. 3, 2. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- HAERTEL, M., 1985: Histometrische Untersuchungen, Wasser- und Aschegehaltsbestimmungen am Klauenhorn von Mastschweinen. Diss. Hannover.
- HOFSTETTER, B., 1985: Contribution à l'étude histologique à but pratique de la corne des onglons des bovins. Schweiz. Arch. Tierheilk. 127, 417-432.

- KASTNER, D., 1976: Untersuchungen zur Klauenhistologie als Qualitätsparameter beim L-Schwein. Diss. Humboldt-Universität, Berlin.
- KATITCH, R.V., 1983: Recherche sur l'étiologie et la prophylaxie du pietin du mouton. Analyse critique. Rec. Méd. Vét. 159 (1), 41-43.
- KEPLER, H., 1966: Untersuchungen über die Struktur des Klauenhorns bei verschiedenen Schafrassen und ein Vergleich mit der Wollfeinheit. Diss. Humboldt-Universität, Berlin.
- KIND, H., 1967: Vergleichende Untersuchungen über die Abnützung der Hufe einiger Equiden aufgrund der Struktur der Hufkapselwand. Der Zoologische Garten 34, 237-250.
- LEOPOLD, G. und G. PRIETZ, 1980: Die Bedeutung der Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und histologischen Merkmalen für die Erkennung der Klauenhornqualität beim Rind. Mh. Vet.-Med. 35, 173-175.
- ROMEIS, B., 1968: Mikroskopische Technik, 16. Aufl. Verlag R. Oldenbourg, München und Wien.
- RIEGER, E., G. SCHROEDER und P. SCHMOLDT, 1984: Untersuchungen zur Auswirkung verschiedener Fussbodenvarianten auf die Klauen von Schafen. Arch. exper. Vet. med., Leipzig 38 (5), 757-770.
- SCHROEDER, A., 1970: Hornstruktur und Hornabnutzung. Untersuchungen am Klauenhorn der Harzer Rinder. Diss. Humboldt-Universität, Berlin.

WILKENS, H., 1955: Zum mikrotechnischen Aufbau der Klauen-
epidermis. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 62, 437-442.

WILKENS, H., 1964: Zur makroskopischen und mikroskopischen
Morphologie der Rinderklaue mit einem Vergleich der
Architektur von Klauen- und Hufröhrchen. Zbl. Vet. Med.
A 11, 163-234.

8. DANKESADRESSEN

Meinen herzlichen Dank möchte ich aussprechen:

Herrn Prof. Dr. J. Frewein für die Ueberlassung des Themas, die unverzügliche Ueberprüfung dieser Arbeit und die Korrektur des Manuskriptes.

Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. H. Stünzi für die Uebernahme des Korreferates.

Herrn Dr. H. Geyer für die jederzeit gewährte Hilfe bei der Durchführung dieser Arbeit und bei der Ueberarbeitung des Manuskriptes.

Frau A. Hultegger und Frau U. Färber für die histologischen Laborarbeiten.

Frau A. Hug für die Entwicklung und Vergrösserung der Fotografien.

Frau B. Preller für die sorgfältige Reinschrift dieser Arbeit.

Die Arbeit wurde in dankenswerter Weise vom Bundesamt für Veterinärwesen Bern (Projekt Nr. 012.85.5) unterstützt.

9. LEBENSLAUF

Max Rosskopf, geboren am 30. April 1955 in Waldshut (BRD),
als Sohn von Max Rosskopf und Alma Rosskopf, geborene
Weissenberger

1962 - 1970	Grund- und Hauptschule in Rechberg und Horheim (Kreis Waldshut)
1970 - 1972	Wirtschaftsschule in Waldshut mit Abschluss der Mittleren Reife
1972 - 1978	Maturitätsschule MINERVA in Basel
1978	Eidg. Maturitätsprüfung Typus C
1978 - 1983	Studium der Veterinärmedizin an der Universität Zürich
1983	Staatsexamen als Tierarzt
seit Dez. 1983	Assistent bei Dr. U.P. Herzog in Sulz-Rickenbach (ZH)
im Sommer 1985	Doktorand am Veterinär-Anatomischen Institut der Universität Zürich

